This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

C 509,556

1837
ARTES VERITAS SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

JX
681
.A2
1882e

CONFÉRENCE INTERNATIONALE

POUR

LA DÉTERMINATION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

---

16 OCTOBRE. — 26 OCTOBRE 1882.

PROCÈS-VERBAUX.

France. MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES.

CONFÉRENCE INTERNATIONALE

POUR

LA DÉTERMINATION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

16 OCTOBRE — 26 OCTOBRE 1882.

PROCÈS-VERBAUX.

PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

1882.

Lib. com.
Champ
2-20-24
9959

CONFÉRENCE INTERNATIONALE

POUR

LA DÉTERMINATION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

PREMIÈRE SÉANCE.

(LUNDI 16 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. COCHERY.

MM. les Délégués de l'Allemagne, de l'Autriche-Hongrie, de la République Argentine, de la Belgique, de la Chine, de Costa-Rica, du Danemark, de l'Espagne, des États-Unis de Colombie, de la France, de la Grèce, du Guatemala, de l'Italie, du Japon, du Mexique, du Nicaragua, de la Norvège, des Pays-Bas, du Portugal, de la République Dominicaine, de la Roumanie, de la Russie, du Salvador, de la Suède et de la Suisse se sont réunis en conférence à Paris, le 16 octobre 1882, à deux heures, à l'hôtel du Ministère des Affaires étrangères.

Étaient présents :

Pour l'Allemagne :

MM. le Docteur Werner Siemens, Conseiller intime du Gouvernement, à Berlin ;
le Docteur Wiedemann, Conseiller de Cour, Professeur à l'Université de Leipzig ;
le Docteur Helmholtz, Conseiller intime à Berlin ;
le Docteur Kohlrausch, Professeur, à Wurtzbourg ;
Ludewig, Conseiller intime des Postes, à Berlin ;

Pour l'Autriche-Hongrie :

MM. H. Militzer, Conseiller au Ministère du commerce ;
Isidore Fröhlich, Professeur à l'Université de Buda-Pesth.

Pour la République Argentine :

M. le Colonel MANSILLA.

Pour la Belgique :

MM. ROUSSEAU, Professeur à l'Université de Bruxelles et à l'École militaire ;

GÉRARD, Ingénieur des Télégraphes, chargé de cours à l'Université de Liège ;

VAN DEN MENSBRUGGHE, professeur à l'Université de Gand.

Pour la Chine :

MM. MACARTNEY, Secrétaire de la légation de Chine à Paris ;

TCHING-TCHANG, Secrétaire de la légation de Chine à Paris.

Pour Costa-Rica :

M. LÉON SOMZÉE, Premier secrétaire de la légation ;

Pour le Danemark :

MM. LORENZ, Professeur à l'École militaire de Copenhague ;

le Capitaine HOFFMEYER, Directeur de l'Institut météorologique

Pour l'Espagne :

MM. ADOLFO J. MONTENEGRO, Inspecteur des Télégraphes;

JUSTO URENA Y VELASCO, Directeur de section de 1re classe des Télégraphes.

Pour les États-Unis de Colombie :

M. le Docteur TRIANA, Consul général de Colombie à Paris.

Pour la France :

MM. COCHERY, Ministre des Postes et des Télégraphes;

J.-B. DUMAS, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, membre de l'Académie française;

CLAVERY, Ministre plénipotentiaire, Directeur des Affaires commerciales et consulaires au Ministère des Affaires étrangères;

BERGON, Directeur du matériel et de la construction au Ministère des Postes et des Télégraphes;

BLAVIER, Inspecteur-général des Télégraphes, Directeur de l'École supérieure de télégraphie ;

MASCART, Professeur au Collège de France, Directeur du Bureau central météorologique.

Pour la Grèce :

M. TIMOLÉON ARGYROPOULO, Professeur de physique à l'École militaire d'Athènes.

Pour le Guatemala :

M. Crisanto Medina, Ministre du Guatemala à Paris.

Pour l'Italie :

MM. Joseph Pisati, Professeur de physique à l'École des ingénieurs à Rome ;

Antoine Roiti, Professeur à l'Institut Royal des études supérieures de Florence ;

Pierre Tacchini, Directeur du Bureau central de météorologie à Rome ;

Galilée Ferraris, Professeur au Musée industriel italien à Turin.

Pour le Japon :

M. Henri Becquerel, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École polytechnique.

Pour le Mexique :

M. F. Diaz Covarrubias, Ingénieur-géographe.

Pour le Nicaragua :

M. Baille, Répétiteur à l'École polytechnique.

Pour la Norvège :

M. Broch, ancien Ministre, Professeur à l'Université de Christiania.

Pour les Pays-Bas :

M. le Docteur G. Bosscha, Directeur de l'École polytechnique à Delft.

Pour le Portugal :

MM. d'Azevedo, Chargé d'affaires à Paris ;

Édouard-Robert Silva, Répétiteur à l'École centrale des arts et manufactures de Paris.

Pour la République Dominicaine :

M. le baron d'Almeda, Ministre de la République Dominicaine à Paris.

Pour la Roumanie :

MM. Phérékyde, Ministre de Roumanie à Paris ;

Emmanuel Bacaloglo, Professeur de physique à la Faculté des sciences de Bucarest.

Pour la Russie :

MM. le conseiller Lenz, Professeur à l'Institut technologique de Saint-Pétersbourg ;

Wild, membre de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg.

Pour le Salvador :

MM. Torrès Caîceco, Ministre du Salvador à Paris;
Jules Raynaud, Ingénieur des Télégraphes.

Pour la Suède :

M. Nyström, Chef de Division à la Direction royale des Télégraphes.

Pour la Suisse :

M. Fr. Weber, Professeur au Polytechnicum de Zurich.

MM. les Délégués des États-Unis d'Amérique; MM. les Délégués de la Grande-Bretagne et M. Allard, inspecteur général des ponts et chaussées et directeur des phares, délégué de la France, avaient fait connaître l'impossibilité où ils se trouvaient d'assister à la séance d'ouverture.

M. le Ministre des Affaires étrangères déclare la séance ouverte et prononce le discours suivant :

Messieurs,

« C'est un grand honneur pour moi d'ouvrir les séances de cette conférence internationale où se rencontrent des savants illustres délégués par leurs Gouvernements pour déterminer les conditions d'une entente sur les unités électriques. Je suis heureux de leur souhaiter la bienvenue au nom du Gouvernement de la République et d'adresser nos remercîments aux Gouvernements qui ont bien voulu les désigner.

« La France s'intéresse vivement, Messieurs, à l'œuvre que vous entreprenez en ce moment, et qui a pour objet de donner aux manifestations si diverses de la puissance électrique une mesure commune se rattachant au système métrique. Tel est, du moins, le point de départ que les remarquables recherches de l'Association britannique pour l'avancement des sciences et du Congrès des électriciens ont donné à vos travaux. En complétant, en couronnant leur œuvre, en élucidant un problème qui touche aux parties les plus ardues et les plus délicates des sciences physiques, vous n'aurez pas seulement élargi le champ des connaissances humaines, vous aurez encore facilité les investigations des savants et préparé ainsi, pour l'avenir, quelques-unes de ces admirables découvertes qui contribuent si puissament aux progrès de l'humanité.

« Je ne saurais oublier cette autre partie de votre tâche, qui consiste à préciser les méthodes d'observation de l'électricité atmosphérique et à organiser l'étude systématique des courants terrestres sur les lignes télégraphiques. Bien des points restent encore obscurs dans le mode de développement et d'action de cette force merveilleuse. Tracer, comme vous vous proposez de le faire, les règles à suivre pour en mieux surprendre les secrets, c'est encore bien mériter

de l'humanité, en la préparant à se servir plus utilement et avec moins de dangers de l'arme que la nature et la science ont mise entre ses mains.

« Permettez-moi donc, Messieurs, de vous redire en terminant combien nous nous sentons honorés de voir la capitale de la France choisie comme siège de vos savants et utiles travaux et quels vœux nous formons pour leur réussite. »

M. le Ministre des Affaires étrangères s'excuse ensuite de ne pouvoir assister aux délibérations de la réunion et invite la Conférence à vouloir bien se constituer en faisant choix d'un Président.

M. le Ministre des Affaires étrangères s'étant retiré, la présidence de la Conférence est, sur la proposition de M. Broch, déférée à M. Cochery, Ministre des postes et télégraphes.

M. Cochery prend place au fauteuil et s'exprime en ces termes :

« Messieurs,

« Je vous remercie de l'honneur que vous venez de me faire en m'appelant à diriger vos travaux; vous pouvez être assurés que tous mes efforts tendront à justifier votre confiance.

« Nous allons reprendre l'œuvre si heureusement commencée en 1881, par le congrès des électriciens; nous nous attacherons à la compléter pour arriver à des résolutions définitives.

« Ce congrès de 1881 avait abordé hardiment les questions multiples que soulève la science de l'électricité. Il avait fait preuve de cette hauteur de vues, de cette sûreté de jugements qu'on devait attendre des hommes éminents que l'Europe et l'Amérique nous avaient envoyés.

« Mais ce congrès n'avait ni le temps, ni les moyens matériels, ni les pouvoirs nécessaires pour trancher certaines questions. Il devait forcément les renvoyer à une conférence convoquée spécialement à cet effet.

« C'est donc en réalité et exclusivement à ce congrès que revient l'honneur d'avoir pris l'initiative de la conférence actuelle. C'est lui, en effet, qui, dans la séance du 5 octobre 1881, a émis le vœu que le Gouvernement français voulût bien inviter les autres Puissances à constituer des commissions internationales chargées d'étudier et de résoudre les questions qui peuvent ainsi se résumer :

« Déterminer, pour les besoins de la pratique, les conditions que devra remplir une certaine colonne de mercure pour devenir la représentation matérielle de l'unité de résistance électrique;

« Déterminer un étalon définitif de lumière;

« Arrêter les règles d'une étude universelle et systématique de l'électricité

atmosphérique, du magnétisme terrestre, et étudier les moyens de rendre plus rapide et plus continu l'échange des observations météorologiques.

« Cette mission, nous l'avons acceptée avec empressement.

« Les diverses nations ont, de leur côté, adhéré sans hésitation à notre appel. Par leur unanimité, elles ont démontré combien les sentiments du congrès avaient répondu à un grand intérêt scientifique et industriel.

« Les États d'Europe, tous sans exception, siégeront dans cette enceinte.

« L'Amérique y figure par les délégués de plusieurs pays.

« La Chine et le Japon y assistent.

« Le choix des savants qui ont été désignés prouve le haut prix qu'attachent à nos travaux les Puissances qui veulent bien y prendre part. Nous sommes heureux de leur en témoigner notre sincère gratitude.

« Ces travaux, quelques mots suffisent pour les préciser.

« Le congrès de 1881 a défini scientifiquement les unités électriques, il leur a donné les noms des illustres savants qui ont découvert les phénomènes à la mesure desquels elles devaient être appliquées. Mais si les bases du système étaient posées, il restait à déterminer la représentation matérielle des unités, à construire le prototype, à rechercher les mesures à prendre pour en assurer la conservation et la reproduction. C'est ce soin qu'il vous a légué en exprimant le désir qu'une convention internationale nous donne un système uniforme et complet.

« Il vous appartient, Messieurs, d'arrêter les méthodes scientifiques et les procédés expérimentaux qui permettront de fixer les dimensions géométriques de cette colonne de mercure qui, sous le nom de Ohm, fournira l'étalon type des mesures électriques.

« Ce résultat, vous l'obtiendrez et ainsi vous faciliterez les études électriques et vous donnerez à l'industrie le contrôle uniforme dont elle a besoin.

« Ce qu'a fait avec tant de succès la conférence du mètre, vous le ferez dans un ordre d'idées dont l'importance est déjà grande et grandira de jour en jour par les conquêtes que promet l'électricité.

« Les aspects variés sous lesquels se présente l'éclairage électrique ont fait sentir le besoin d'arrêter un étalon définitif de lumière et de préciser les dispositions à observer dans les expériences de comparaison. Vous aurez à déterminer cet étalon.

« Vos études devront également porter sur le magnétisme terrestre, sur l'électricité atmosphérique. Vous chercherez à organiser une étude systématique des grands phénomènes dont le globe est le merveilleux théâtre. Les procédés d'observation devront être uniformisés.

« Les lignes télégraphiques dont le vaste réseau enveloppe le monde constituent les organes d'un immense observatoire électrique, magnétique et météorologique susceptible de fournir les indications les plus précieuses. Nos

administrations d'État vous donneront leur concours, en le subordonnant bien entendu aux nécessités impérieuses de l'exploitation.

« Vous aurez à rechercher l'importance de ce concours et à nous soumettre vos demandes qui seront, vous pouvez en être assurés, appréciées avec la largeur d'esprit qui doit caractériser les administrations d'État.

« La protection des édifices contre les effets de la foudre a été, au sein du congrès, l'objet d'une discussion d'un intérêt saisissant. Plusieurs systèmes se sont produits. En pareille matière, l'expérience est le plus sûr enseignement. Vous aurez à voir si une statistique peut être établie et en quelle forme. Une statistique analogue vous dirait également si la multiplicité des conducteurs télégraphiques, en ouvrant des routes à la foudre, n'offre pas accidentellement des dangers. L'expérience semble avoir prouvé le contraire. Votre arrêt tranchera la question et dissipera bien des craintes.

« Le congrès avait séparé ces questions. Nous avons cru devoir soumettre leur ensemble à une conférence unique. Vous pourrez vous fractionner en trois commissions, correspondant aux conditions indiquées par le congrès et qui soumettront le résultat de leurs travaux à la conférence plénière.

« L'administration française se fera un devoir et un honneur de mettre à votre disposition tous les moyens d'action dont elle dispose et qui pourront vous être nécessaires.

« Nous ne vous avons pas tracé de programme. Il eût été présomptueux de notre part de le faire. Il vous appartient d'agir dans la plénitude de votre délégation.

« Le but proposé à la conférence impose une tâche difficile, mais son utilité est si grande, le succès serait tellement fécond que nous ne doutons pas que vous ne trouviez dans votre science et dans votre dévouement le moyen de l'atteindre. »

Conformément aux propositions de M. le Président, la Conférence confie les fonctions de secrétaire à MM. Henri Becquerel, Ingénieur des ponts et chaussées, Répétiteur à l'École polytechnique, délégué du Japon, et René Lavollée, Consul général de France; et celles de secrétaires-adjoints à MM. d'Anglade, attaché au ministère des Affaires Étrangères, Vaschy et Thévenin, Sous-Ingénieurs des télégraphes.

M. le Président fait connaître qu'il a reçu de M. Carey Foster, Délégué de la Grande-Bretagne, une lettre par laquelle cet honorable savant exprime le regret de ne pouvoir quitter Londres, où le retiennent en ce moment des devoirs professionnels. M. Carey Foster offre, en même temps, à la Conférence quelques exemplaires d'un rapport récemment présenté par lui à l'*Association britannique pour l'avancement des sciences*, sur une nouvelle méthode pour mesurer la résistance électrique; il annonce, en outre, le prochain envoi d'un

mémoire relatif au même objet. (Voir à la suite du procès-verbal la lettre de M. Carey Foster.)

M. le Président croit répondre au sentiment de tous ses collègues, en exprimant à M. Carey Foster les regrets et les remerciements de la Conférence.

M. le Président demande à la Conférence comment elle entend fixer l'ordre de ses travaux. Il rappelle que, dans le vœu qu'il avait formulé avant de se séparer et qui a servi de point de départ à la réunion actuelle, le Congrès international des électriciens avait proposé la formation de trois commissions ayant chacune un objet spécial d'études : la première, les unités électriques proprement dites; la seconde, les courants électriques à la surface de la terre et les paratonnerres; la troisième, la détermination d'un étalon de lumière.

M. le Président demande si la Conférence est disposée à se partager, conformément à cette indication, en trois commissions.

La Conférence se prononce, à l'unanimité, dans le sens de l'affirmative.

Il est procédé à la formation, par appel nominal, de chacune des trois commissions.

PREMIÈRE COMMISSION

UNITÉS ÉLECTRIQUES PROPREMENT DITES.

Allemagne :

MM. Werner Siemens,
Wiedemann,
Helmholtz,
Kohlrausch,
Ludewig.

Autriche-Hongrie :

MM. Militzer,
Fröhlich.

République Argentine :

M. Mansilla.

Belgique :

MM. Rousseau,
Gérard,
Van den Mensbrugghe.

Chine .

MM. Macartney,
Tching-Tchang.

Costa-Rica :

M. Somzée.

Danemark :

MM. Lorenz,
le Capitaine Hoffmeyer.

Espagne :

MM. Montenegro,
Urena y Velasco.

États-Unis de Colombie :

M. Triana.

France .

MM. Dumas,
Bergon,
Blavier,
Mascart.

Grèce :

M. Argyropoulo.

Guatemala :

M. Crisanto Medina.

Italie :

MM. Pisati,
Roïti,
Ferraris.

Japon :

M. H. Becquerel.

Mexique :

M. Diaz Covarrubias.

Nicaragua :

M. Baille.

Norvège :

M. Broch.

Pays-Bas :

M. Bosscha.

Portugal :

MM. d'Azevedo,
Silva.

République Dominicaine :

M. le Baron d'Almeda.

Roumanie :

M. Bacaloglo.

Russie :

MM. Lenz,
Wild.

Salvador :

MM. le Ministre du Salvador à Paris.
Raynaud.

Suède :

M. Nyström.

Suisse :

M. Fr. Weber.

DEUXIÈME COMMISSION.

COURANTS ÉLECTRIQUES ET PARATONNERRES.

Allemagne :

MM. Werner Siemens,
Wiedemann,
Helmholtz,
Kohlrausch,
Ludewig.

Autriche-Hongrie :

M. Militzer.

République Argentine :

M. Mansilla.

Belgique :

MM. Rousseau,
Gérard,
Van den Mensbrugghe,
Évrard.

Chine:

MM. Macartney,
Tching-Tchang.

Costa-Rica :

M. Somzée.

Danemark :

M. le Capitaine Hoffmeyer.

France :

MM. Bergon,
Blavier,
Mascart.

Grèce :

M. Argyropoulo.

Guatemala :

M. Medina.

Italie :

MM. Tacchini,
Ferraris.

Japon :

M. H. Becquerel.

Nicaragua :

M. Baille.

Norvège .

M. Broch.

Pays-Bas :

M. Bosscha.

Portugal :

MM. d'Azevedo,
Silva.

Russie ·

MM. Lenz,
Wild.

Salvador :

MM. le Ministre du Salvador à Paris,
RAYNAUD.

Suède :

M. NYSTRÖM.

Suisse :

M. FR. WEBER.

TROISIÈME COMMISSION.

FIXATION D'UN ÉTALON DE LUMIÈRE.

Allemagne :

MM. WERNER SIEMENS,
WIEDEMANN,
HELMHOLTZ,
KOHLRAUSCH.

Autriche-Hongrie :

M. FRÖHLICH.

République Argentine :

M. MANSILLA.

Belgique :

MM. ROUSSEAU,
GÉRARD,
VAN DEN MENSBRUGGHE.

Costa-Rica :

M. SOMZÉE.

France :

MM. DUMAS,
BERGON,
BLAVIER.

Grèce :

M. ARGYROPOULO.

Italie :

MM. Pisati ;
Roïti ;
Ferraris.

Japon :

M. H. Becquerel.

Nicaragua :

M. Baille.

Norvège :

M. Broch.

Pays-Bas :

M. Bosscha.

Portugal :

M. d'Azevedo.

Roumanie

MM. le Ministre de Roumanie à Paris,
Bacaloglo.

Russie :

MM. Lenz,
Wild.

Salvador :

MM. le Ministre du Salvador à Paris,
Raynaud.

Suisse :

M. Fr. Weber.

La Conférence décide ensuite que ces trois commissions se réuniront le lendemain 17 octobre au Ministère des Affaires étrangères, la première à neuf heures du matin; la seconde à une heure, et la troisième à trois heures de l'après-midi.

La date de la seconde séance de la Conférence sera fixée ultérieurement. Il est, d'ailleurs, entendu qu'une nouvelle réunion aura lieu dès que l'une des

commissions aura terminé ses travaux ou croira devoir provoquer une résolution de la part de la Conférence plénière.

La séance est levée à trois heures.

Le Ministre des Postes et des Télégraphes,
Président de la Conférence,

AD. COCHERY.

Les Secrétaires :

HENRI BECQUEREL, RENÉ LAVOLLÉE ;

PREMIÈRE COMMISSION.

UNITÉS ÉLECTRIQUES PROPREMENT DITES.

PREMIÈRE SÉANCE.

(MARDI 17 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. J.-B. DUMAS.

Étaient présents :

MM. W. Siemens, Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Ludewig, Militzer, Fröhlich, le colonel Mansilla, Rousseau, Gérard, Van der Mensbrugghe, Macartney, Tching-Tchang, Somzée, Lorenz, Hoffmeyer, Montenegro, Urena y Velasco, Triana, Dumas, Jamin, Bergon, Blavier, Mascart, Sir W. Thomson, Argyropoulo, Médina, Pisati, Roiti, Ferraris, H. Becquerel, Diaz Covarrubias, Baille, Broch, Bosscha, d'Azevedo, Silva, d'Almeda, Bacalogló, Lenz, Wild, Raynaud, Nyström, Fr. Weber.

M. Dumas (France), doyen d'âge, prend place au fauteuil à neuf heures vingt minutes; il déclare la séance ouverte, et invite la Commission à choisir son Président.

M. Broch (Norvège), propose la nomination de M. Dumas.

Cette proposition est adoptée par acclamation.

M. Dumas remercie la Commision et propose de choisir M. Helmholtz et Sir W. Thomson pour Vice-Présidents, et MM. H. Becquerel et Wild pour Secrétaires.

M. Wild (Russie), décline l'honneur qui lui est offert.

M. Dumas, *Président*, propose alors M. Gérard (Belgique).

MM. Helmholtz et Sir W. Thomson sont nommés Vice-Présidents, et MM. H. Becquerel et Gérard Secrétaires.

M. Dumas invite M. Mascart à exposer un projet de programme pour l'organisation des travaux de la Commission.

M. Mascart rappelle que les travaux de la Commission sont indiqués dans les résolutions suivantes du Congrès de 1881.

L'unité de résistance (Ohm) sera représentée par une colonne de mercure d'un millimètre carré de section à la température de zéro degré centigrade.

Une Commission internationale sera chargée de déterminer par de nouvelles expériences, pour la pratique, la longueur de la colonne de mercure d'un millimètre carré de section à la température de zéro degré centigrade qui représentera la valeur de l'Ohm.

Ces expériences comportent trois opérations :

1° La mesure en unités absolues d'une résistance quelconque; il conviendra d'examiner les diverses méthodes dont on peut faire usage;

2° La comparaison de la résistance déterminée comme il vient d'être dit, avec la résistance d'une colonne de mercure de dimensions connues. On en déduira la longueur de la colonne d'un millimètre carré de section représentant la valeur de l'Ohm avec une approximation dont on donnera la valeur.

3° La Conférence aurait à s'occuper ensuite de réaliser l'unité de résistance sous une forme concrète, c'est-à-dire de constituer un étalon de résistance électrique. On emploierait à cet effet, soit le mercure, soit un autre métal ou un alliage. Dans le premier cas, on chercherait à construire un appareil qui pourrait, à volonté, reproduire l'unité, en y introduisant le mercure avec les précautions convenables; dans le second cas, on doit se demander s'il existe des métaux remplissant les conditions exigées.

Outre ces trois questions, il en est une quatrième relativement accessoire ce serait de déterminer comment se feraient les comparaisons avec l'étalon?

M. Nyström (Suède) pense que les décisions du Congrès relatives à la tâche de la Commission doivent être interprétées d'une manière plus large; que celle-ci doit s'occuper des travaux de mesure, et provoquer une entente pour l'adoption générale d'un seul système. Il demande donc à la Commission de déclarer « que la sphère des travaux de la première section du Comité ne soit pas restreinte à déterminer uniquement la longueur de la colonne de mercure appelée à constituer la représentation matérielle de l'unité de résistance mais qu'elle comprenne aussi une discussion libre sur tous les points qui touchent à la détermination du système d'unités en question. »

M. Mascart dit que la tâche de la Conférence est strictement limitée à la

détermination de l'unité de résistance; le Congrès de 1881 a discuté la question théorique avec assez d'ampleur et d'autorité.

M. Helmholtz est d'avis que le programme lu par M. Mascart laisse toute liberté à la discussion, et ajoute que l'on ne peut remettre en question les décisions du Congrès.

M. Dumas propose de discuter immédiatement les diverses méthodes relatives à la détermination de l'unité de résistance électrique.

M. Wild (Russie), dit que le dernier point indiqué par M. Mascart relativement à l'exécution ne devrait pas être regardé comme accessoire parce que sa discussion pourrait même influencer les décisions sur les questions scientifiques. Les méthodes ne sont peut-être pas assez complètes pour arrêter dès à présent les meilleures solutions. Il faudrait donc faire encore de nouvelles études, et, en attendant que l'on prenne une décision, on profitera du temps pour préparer les moyens d'exécution.

M. Mascart n'avait pas voulu dire que le point en question fût moins important. Il entendait seulement qu'il fallait d'abord traiter la question des méthodes.

M. Wiedemann (Allemagne) pense également qu'il est convenable de procéder à un examen critique des méthodes employées jusqu'à ce jour; les essais préliminaires ne sont pas encore terminés. Il y a même des méthodes toutes récentes qu'il convient de discuter et de comparer aux autres, par exemple des modifications de la belle méthode imaginée par M. Lorenz.

M. Lorenz (Danemark) donne lecture d'un mémoire imprimé relatif à la méthode qu'il a imaginée et propose d'employer exclusivement des courants constants pour les mesures dont il est question.

Ce mémoire a été distribué à tous les membres de la Commission et annexé au présent procès-verbal.

M. Helmholtz croit qu'on ne pourra discuter utilement les méthodes dans les séances générales de la Commission; il faudrait nommer une sous-commission, et attendre, pour prendre une décision, qu'elle ait discuté chaque point en particulier. En ce qui le concerne, ses vues sont les suivantes:

Si l'on fixe dès à présent une unité de résistance, on ne peut espérer que des travaux terminés cette année ou avant la fin de l'année prochaine ne seront pas dépassés par des recherches ultérieures; néanmoins, il est indispensable de

déterminer une unité pour fixer les mesures des industriels et des physiciens; il serait bon de ne pas mettre trop de temps pour arriver à ce résultat. Cette unité ne saurait, en aucun cas, être exactement celle qu'on définit théoriquement. C'est ainsi qu'après avoir construit le mètre avec la plus grande précision possible, on a reconnu que le mètre étalon n'est pas exactement la dix millionième partie du quart du méridien terrestre.

En fixant aujourd'hui l'unité de résistance, nous ne pouvons que donner un étalon pour les industriels; les physiciens qui en feront usage détermineront le coefficient de correction qu'ils jugeront convenable. Les mesures effectuées jusqu'à ce jour nous en donnent-elles le moyen? Il y a eu tout récemment, dans les travaux de ce genre, d'importants progrès; l'approximation, qui, l'année dernière, n'était que de 3 p. o/o, est maintenant réduite à 1 p. o/o; ce dernier chiffre représente l'écart entre les résultats obtenus, d'une part, par MM. Kohlrausch et Fr. Weber, de l'autre, par Lord Rayleigh. Il y a même des résultats qui ne diffèrent que d'un demi millième.

On doit se demander tout d'abord si les mesures effectuées jusqu'ici permettent de fixer une valeur de l'Ohm suffisante pour les besoins de l'industrie. Dans le cas contraire, peut-on préciser les corrections à apporter, soit dans les procédés de calculs, soit dans les expériences qui présentent encore des divergences? Si l'on discute la valeur des méthodes qui ne sont pas encore complètes, sommes-nous en état d'indiquer les méthodes à recommander d'une manière absolue?

D'après les réponses faites à ces questions, on décidera si l'on peut déterminer présentement la valeur de l'Ohm ou si l'on doit instituer un établissement pour faire des mesures nouvelles avec des appareils plus perfectionnés. Comment devrait être organisé cet établissement?

Peut-être trouvera-t-on utile que les physiciens qui se sont déjà occupés de la question, poursuivent plus avant leurs recherches et procèdent eux-mêmes à de nouvelles déterminations.

Tant que ces questions ne seront pas tranchées, il est impossible que la Commission prenne aucune décision. C'est pour cela qu'il est nécessaire de procéder à la discussion spéciale des méthodes, ce qui ne pourra être fait que par un Comité, composé principalement de ceux qui ont travaillé à ces questions ou à des questions semblables. Ce Comité fera un rapport à la Commission qui pourra dès lors aborder utilement la discussion générale.

Sir W. Thomson (Angleterre) croit aussi qu'il n'est pas nécessaire d'entamer actuellement une discussion de détail. Il a entre les mains deux mémoires, l'un de lord Rayleigh, l'autre de M. Wiedemann, mémoires qui faciliteront la tâche du Comité dont M. Helmholtz propose la nomination.

La proposition de M. Helmholtz est adoptée.

Sont nommés membres de la Sous-Commission :

MM. Dumas, Siemens, Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Lorenz, Jamin, Mascart, Sir W. Thomson, Lord Rayleigh, Broch, Bosscha, Wild, Roiti, Weber, Blavier, Lenz, H. Becquerel *Secrétaire*.

Sir W. Thomson ayant fait observer que Lord Rayleigh est retenu en Angleterre pour cause de maladie, M. Dumas le prie de transmettre à Lord Rayleigh les vifs regrets de la Commission.

M. Dumas appelle l'attention sur un point qui exigerait une résolution assez prompte. Le platine iridié est un alliage qui pourrait peut-être être utilisé pour la construction des étalons de résistance. Or, par suite de la construction des étalons de longueur et de poids, (mètre et kilogramme), le Gouvernement français a fait une commande de 100,000 francs de cet alliage qui doit être préparé avec des métaux d'une pureté parfaite et travaillé d'une manière spéciale. Pour en faire des kilogrammes, on le chauffe à une température élevée dans une gaîne de platine sous une pression de 110 tonnes prolongée jusqu'à ce que la densité ait atteint son maximum. Ces opérations exigeraient, s'il fallait les recommencer, une perte de temps considérable. Cet alliage est le solide le plus dense que nous connaissions ; quand il a été ainsi traité, son homogénéité est parfaite ; il résiste complètement à l'action de l'air, de l'eau et des autres agents atmosphériques, puisque la variation de poids du kilogramme dans les conditions les plus défavorables n'atteint pas 1/100,000,000.

M. Jamin demande si on connaît la loi de variation de la résistance de l'alliage avec la température.

M. Dumas dit que les essais ont porté uniquement sur l'élasticité.

M. Wiedemann fait remarquer qu'il serait utile d'étudier sa constance au point de vue de la résistance électrique, ainsi que l'influence de l'écrouissage du métal.

M. Dumas ajoute que des essais dans ce sens pourraient être entrepris immédiatement. Il donne des détails sur la façon dont est vérifiée la pureté chimique des deux métaux et la composition de l'alliage.

M. Broch estime qu'on pourrait également essayer de faire usage du platine, à condition de l'avoir pur.

M. Dumas dit qu'on ferait réserver à cet effet une partie du métal destiné à la fabrication de l'alliage.

M. Wiedemann pense que le platine iridié sera préférable, la résistance des alliages variant moins avec la température que celle des métaux purs.

M. Dumas propose à la Commission d'émettre un vœu *pour que des quantités convenables de platine pur et de platine iridié soient mises à sa disposition;* ce vœu serait transmis au Gouvernement français qui ne saurait manquer de lui réserver un bon accueil.

Cette proposition est adoptée.

M. Dumas demande s'il existe dans l'un des pays représentés à la Commission un laboratoire réunissant les conditions nécessaires pour les expériences dont il est question, et constate qu'aucun pays ne possède une installation à l'abri des perturbations que l'on rencontre au milieu d'une grande ville.

M. Wiedemann rappelle à ce propos que la maison magnétique de W. Weber, à Leipzig, et qui est construite sans fer, est actuellement consacrée aux expériences de M. Hankel sur le magnétisme terrestre.

M. Dumas, après avoir proposé que les séances de la Commission aient lieu le matin, ajourne la première séance au moment où la Sous-Commission pourra présenter son rapport

La séance est levée à dix heures cinquante minutes.

Le Président:

J.-B. DUMAS.

Les Secrétaires:

Henri BECQUEREL, E. GÉRARD.

COMMISSION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

ANNEXE

AU PROCÈS-VERBAL DE LA PREMIÈRE SÉANCE.

SUR LES MÉTHODES À EMPLOYER POUR LA DÉTERMINATION DE L'OHM.

PAR M. LORENZ.

En définissant la résistance comme le rapport de la force électromotrice à l'intensité du courant, on suppose que la résistance est indépendante de la variation par rapport au temps de ces deux variables.

En général, cette supposition est erronée. Imaginons-nous, par exemple, une pile thermoélectrique traversée par un courant variable. Sous l'influence du courant, les soudures de la pile seront réchauffées et refroidies, de manière que, si le courant est constant, il se produira une force électromotrice agissant comme résistance et d'après les mêmes lois qu'elle; tandis que, le courant étant variable, la résistance diminuera, quand le courant augmentera, et deviendra plus forte, quand le courant décroîtra. Au moment même où le courant cessera, il restera une force électromotrice, et la résistance, c'est-à-dire le rapport de cette force à l'intensité du courant, laquelle est nulle, sera en ce moment égale à l'infini.

Quant à la résistance des corps homogènes, on ne sait quels rôles y jouent les forces thermoélectriques. L'homogénéité elle-même est une abstraction qui n'existe pas en réalité, et il serait difficile d'expliquer la relation intime entre la conductibilité de la chaleur et celle de l'électricité, sans avoir recours à des forces intérieures thermoélectriques. Une théorie générale de la conductibilité électrique, fondée sur des expériences précises, pourrait sensiblement modifier les idées, jusqu'ici admises, sur ce sujet.

Il faut donc, à mon avis, que la définition de la résistance et que les expériences qui auront pour unique but de la mesurer, soient restreintes à des courants constants. Cela posé, il ne nous reste qu'une seule question théorique à examiner au moyen des expériences : la résistance est-elle, comme on l'a admis jusqu'ici, complètement indépendante de l'intensité ou de la densité du courant?

En se bornant à des courants constants, on n'a guère de choix quant aux méthodes à employer. En tous cas, il faut mesurer la différence de potentiel aux extrémités de la résistance dont on cherche la valeur, celle-ci étant parcourue par un courant constant. Cette détermination pourrait être faite au moyen d'un électromètre, mais seulement en cas que l'on accepte l'unité électrostatique; tandis que, si l'on veut déterminer immédiatement la résistance en valeur électromagnétique, il sera nécessaire d'employer une force électromotrice d'induction, en la comparant avec la différence de potentiel cherchée.

Pour comparer ces deux forces, on pourrait également se servir d'un électromètre; mais il serait plus simple d'égaliser les deux forces. En les opposant l'une à l'autre dans un même circuit, l'égalité sera indiquée par un galvanomètre qui, placé dans le circuit, ne devra pas dévier.

La force électromagnétique d'induction peut être ou variable ou constante. Dans le premier cas, le circuit ne doit être fermé que pendant un temps très court : par exemple, au moment où la force d'induction atteint une valeur maxima. Cette méthode, qui a été proposée par MM. Carey Foster et Maxwell et récemment par M. Lippmann, a l'avantage d'être applicable à de grandes résistances; mais l'état variable de la force électromotrice étant nécessairement accompagné de petits mouvements d'électricité, je ne puis recommander cette méthode pour des expériences qui ne doivent laisser aucun doute à l'égard de la théorie.

Quand il s'agit de produire une force électromotrice constante d'induction, on sera réduit, en pratique, à l'emploi des mouvements rotatoires d'une vitesse constante dans un champ magnétique invariable. Ces mouvements doivent seulement produire des forces électromotrices, sans donner naissance à des courants dans l'intérieur du corps tournant, tant que l'électricité développée n'est pas dérivée à l'extérieur. Cette condition est nécessaire, parce que l'on ne pourra calculer exactement les effets de ces courants intérieurs, d'autant plus que ceux-ci, étant fixes dans l'espace, seront toujours variables par rapport aux molécules du corps tournant.

Pour satisfaire à cette condition, il sera nécessaire et suffisant que les forces magnétisantes, qui agissent dans un point quelconque du corps tournant, aient la même valeur dans toute l'étendue du cercle que décrit le point, quand on fait tourner le corps. Cette condition remplie, la forme et le magnétisme propre du corps tournant pourront être quelconques.

Or il faut employer, ou un champ magnétique constant comme celui du magnétisme terrestre, ou un champ magnétique distribué d'une manière régulière autour de l'axe de rotation, comme celui qu'engendre un courant qui, perpendiculaire à l'axe, parcourt une surface de révolution, dont l'axe coïncide avec l'axe de rotation.

De là deux méthodes distinctes dont l'une a été proposée par M. Lippmann. « Un disque de cuivre est mobile autour de son axe, qui est parallèle à l'aiguille de déclinaison. Sous l'influence du magnétisme terrestre, il s'y produit une force électromotrice d'induction dirigée radialement, et que l'on recueille au moyen des frotteurs placés, l'un au centre et l'autre sur la circonférence. » (Voir le Journal de Physique de cette année 313.) La force électromotrice produite étant ordinairement très petite, il faut employer un disque de grande dimension et à une grande vitesse de

rotation. En même temps, le frotteur appliqué à la circonférence produira une force thermoélectrique qui pourrait même surpasser la force électromotrice d'induction. Il y aura donc, dans ces expériences, de sérieuses causes d'erreurs que l'on ne pourra éliminer que bien difficilement.

Je propose de modifier cette méthode, en employant deux disques, ou plutôt, deux grandes roues mobiles autour d'axes parallèles entre eux, et mises en contact à leurs circonférences. En tournant les deux roues en sens contraire et à la même vitesse leurs axes étant parallèles à l'aiguille de déclinaison, la force électromotrice d'induction est dirigée, dans l'une, du centre à la circonférence, dans l'autre, de la circonférence au centre, de sorte que la force peut être recueillie au moyen de deux pointes placées aux deux centres. De cette manière, on évite complètement les effets thermoélectriques des frotteurs.

En employant cette méthode, il faudra mesurer et la vitesse de rotation et l'intensité du courant qui a traversé l'étalon. Cependant, on peut se dispenser de mesurer l'intensité du magnétisme terrestre en valeur absolue; seulement, pour les corrections, il faut comparer l'intensité du champ magnétique aux deux endroits où sont placés les roues et le galvanomètre.

L'autre méthode dont je viens de parler, a été imaginée et employée par moi-même, il y a déjà dix ans. Un disque de laiton mobile autour d'un axe perpendiculaire à l'aiguille de déclinaison, a été placé à l'intérieur d'une bobine concentrique traversée par le même courant que la résistance dont on cherche la valeur. Deux frotteurs de laiton sont appliqués, l'un au centre, l'autre à la circonférence du disque. Le champ magnétique étant engendré par le même courant qui parcourt l'étalon, on trouve la résistance, en multipliant par une constante C, le nombre de tours que fait le disque par seconde. De cette manière, les expériences sont réduites à la plus grande simplicité.

C'est surtout de l'évaluation de la constante C que dépend l'exactitude des résultats. Supposons que le disque soit placé à l'intérieur d'un solénoïde infini, et qu'il soit mobile autour de l'axe du solénoïde, on aura

$$C = \frac{4\pi S}{d},$$

S étant la surface du disque, d la distance des filets du solénoïde. Cette valeur, qui est d'une simplicité remarquable, n'est pas beaucoup altérée pour un solénoïde d'une longueur finie, mais qui excède plusieurs fois son rayon.

Or je propose d'employer, au lieu d'une bobine, un cylindre de laiton, muni d'un pas de vis, dans lequel on a enroulé en une seule couche un fil de cuivre bien isolé. En faisant, par exemple, la longueur du cylindre de 1 mètre et son diamètre de $\frac{1}{3}$ mètre, la valeur de C indiquée plus haut est diminuée seulement de 5 à 6 pour cent. La valeur de cette constante sera suffisamment grande, si l'on prend la distance entre deux filets de la vis, égale à $1\frac{1}{2}$ millimètre et le diamètre du disque, égal à 3 décimètres. Par exemple, pour déterminer la résistance d'une colonne à mercure, longue d'un demi-mètre et large de 4 centimètres, le disque ne doit faire que 7 tours par seconde. L'intensité du courant étant supposée égale à 1 ampère, le champ ma-

gnétique au milieu du cylindre atteindra une intensité 40 fois plus grande que celle du magnétisme terrestre.

Les forces thermoélectriques qui se développeront par l'échauffement des frotteurs, seront petites par rapport aux forces électromotrices d'induction, et pourront être observées facilement, en interrompant le courant ou en changeant le sens du courant. On peut éliminer ces forces, en introduisant dans le circuit, des forces électromotrices égales et opposées, provenant ou de la dérivation d'un courant quelconque ou d'éléments thermoélectriques.

Sans entrer dans les détails des expériences, j'ajouterai seulement que, pour éviter des courants intérieurs, l'axe tournant doit être isolé de ses supports et de l'engrenage, et, pour amoindrir les forces thermoélectriques, le disque doit être ou de laiton avec des frotteurs du même métal, ou de cuivre avec des frotteurs de cuivre ou de laiton. Le disque doit être examiné quant à son magnétisme qui aggrandirait les forces électromotrices d'induction, tandis que le magnétisme du cylindre comme celui de l'axe, pourvu que celui-ci traverse toute la longueur du cylindre, n'auront pas d'effets sensibles.

Pour me résumer, je propose à la commission de mesurer la résistance d'une colonne de mercure, en employant exclusivement des courants constants, et d'accepter, pour les expériences, deux méthodes distinctes, savoir : la méthode de M. Lippmann et la mienne, toutes les deux modifiées de la manière que je viens d'indiquer.

PREMIÈRE COMMISSION.

PREMIÈRE SÉANCE DE LA SOUS-COMMISSION.

(MERCREDI 18 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. J.-B. DUMAS.

La séance est ouverte à dix heures du matin.

Étaient présents :

MM. W. Siemens, Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Lorenz, Dumas, Mascart, W. Thomson, H. Becquerel, Broch, Bosscha, Wild, Roiti, Fr. Weber, Blavier, Lenz.

M. Dumas invite M. Mascart à passer en revue les diverses méthodes employées ou proposées jusqu'à ce jour pour la mesure d'une résistance électrique en unités absolues, afin de faciliter la discussion et d'entendre les observations des membres de la Sous-Commission.

M. Mascart. La méthode la plus simple, au moins au point de vue théorique, est la méthode calorimétrique, car elle repose sur la définition même de la résistance électrique; en effet, la quantité de chaleur produite dans un conducteur par le passage d'un courant est égale au produit du carré de l'intensité de ce courant par la résistance du conducteur et par la durée du passage du courant. Les premières expériences faites d'après ce principe sont celles de M. Joule qui contrôla ainsi la valeur de l'Ohm déterminée par l'Association britannique. Cette méthode a été reprise par M. Rowland et M. F. Weber (1).

L'une des plus grandes difficultés qu'elle présente est la connaissance de la valeur exacte de l'équivalent mécanique de la chaleur.

Les dernières expériences de M. Joule par le frottement l'ont conduit à conclure que cette valeur est comprise entre les nombres 424 et 425. M. Rowland

(1) Absolute electromagnetiche und calorimetrische Messungen : Zurich, 1877.

est arrivé de son côté à des résultats très voisins de ceux de M. Joule. D'autre part, les expériences de M. Regnault sur la vitesse du son et sur la détente des gaz l'ont conduit au chiffre 436; ce dernier nombre a été également obtenu par M. Violle, au moyen d'une méthode complètement différente, l'échauffement d'un disque tournant entre les pôles d'un électro-aimant. Il semble donc difficile de déterminer la valeur qu'il convient d'attribuer à l'équivalent mécanique de la chaleur. Toutefois, si la méthode calorimétrique ne peut servir à fixer la valeur de l'Ohm, elle servira à restreindre les limites entre lesquelles elle est comprise.

Sir W. Thomson (Angleterre) fait connaître que, d'après les dernières expériences de M. Joule, la valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur serait 425 à 1/3 p. o/o près. Mais cette approximation n'est pas suffisante pour les recherches présentes. Quant aux divergences des nombres de M. Regnault, Sir W. Thomson pense qu'elles sont inhérentes à la méthode qui, suivant lui comporte une erreur théorique.

M. Wiedemann (Allemagne), dit que M. Fr. Weber a fait des expériences sur la détermination de résistances en unités absolues, dans lesquelles il prenait pour l'équivalent mécanique de la chaleur le nombre 426,1. Il a trouvé ainsi, pour la valeur de l'unité Siemens, 0,9560; ce chiffre diffère très peu de celui qu'il a trouvé par ses autres expériences (0,9554).

Sir W. Thomson fait observer que ce sont les déterminations calorifiques qui ont montré la nécessité de corriger l'étalon B. A. Cette méthode a fait faire un premier pas vers une approximation plus grande, mais il faut employer d'autres méthodes pour augmenter encore l'exactitude des résultats.

M. Mascart, passant à l'examen de la première méthode proposée par Wilhelm Weber, dans laquelle le courant est produit par la rotation du cadre dans le champ magnétique terrestre, fait remarquer que c'est encore une méthode simple, en ce sens que la mesure de la force électromotrice mise en jeu est facile. On a à déterminer l'intensité du champ magnétique, qui pourrait d'ailleurs être un champ artificiel. La quantité d'électricité induite pendant une rotation de 180 degrés est dirigée dans un galvanomètre qui sert à la mesurer. Les chiffres trouvés ainsi par divers expérimentateurs paraissent très voisins de la vérité. Dans cette méthode il est possible de mesurer avec précision toutes les dimensions de l'appareil, principalement la surface enveloppée par le courant, et c'est là un grand avantage.

Il semble difficile d'arriver à un résultat définitif en n'employant qu'une seule méthode; car, même dans celles qu'on croit le mieux connaître, on doit craindre toujours quelque cause d'erreur imprévue. Il conviendrait donc, non

de recommander une méthode à l'exclusion des autres, mais d'employer toutes celles qui ont une valeur reconnue, et de poursuivre les recherches jusqu'à ce que les différents résultats qu'elles fourniront arrivent à concorder. La première méthode de Weber est certainement au nombre de celles qu'on devra mettre en œuvre.

M. Wiedemann fait remarquer qu'un premier inconvénient consiste dans la secousse qui se produit lorsque la bobine est arrêtée à la fin de sa rotation, mais on peut y remédier. Dans l'opinion de Lord Rayleigh, une cause d'erreur plus importante proviendrait de ce que le rayon de l'inducteur figure dans l'expression de la résistance par son carré, en sorte que l'erreur commise dans la mesure se trouve avoir plus d'importance. Cette erreur pourrait être éliminée en échangeant entre eux les rôles du multiplicateur et de l'inducteur. Les appareils de W. Weber existent encore, mais il faudrait un établissement spécial pour pouvoir les utiliser. M. Henry Weber, d'après des expériences exécutées avec l'appareil de W. Weber a trouvé récemment, pour l'unité Siemens, la valeur provisoire de 0,9477.

Sir W. Thomson demande quelle était la longueur des aiguilles aimantées dont M. H. Weber faisait usage.

M. Wiedemann dit que l'une d'elles avait 1 décimètre, et l'autre 2 décimètres environ. Ces aiguilles sont longues; mais les expériences de M. H. Weber ne doivent être considérées que comme des essais préliminaires.

M. Fr. Weber fait remarquer que, dans cette méthode, il y a lieu de déterminer le rapport des composantes horizontales du magnétisme terrestre au centre de l'inducteur et au centre du multiplicateur.

M. Wiedemann dit que cette détermination peut se faire facilement par la méthode des oscillations.

M. Kohlrausch (Allemagne) fait observer que le rapport en question se trouve éliminé, si l'on fait deux expériences en échangeant entre eux l'inducteur et le multiplicateur.

M. Mascart indique ensuite la méthode qui consiste à observer l'induction produite dans un circuit par l'interruption d'un courant dans un circuit voisin. Cette méthode, qui a été proposée par M. Kirchhoff, exige la connaissance du coefficient d'induction d'un circuit sur l'autre. M. Fr. Weber, et M. Rowland, ont trouvé aussi, en opérant chacun de leur côté, des nombres très voisins. M. Roïti a proposé l'emploi d'un solénoïde neutre, dont on peut cal-

culer très facilement le coefficient d'induction par rapport à une bobine qui l'entoure. La construction de ces appareils serait peut-être difficile. On pourrait prendre une bobine cylindrique allongée, qu'on entourerait d'une bobine circulaire placée à égale distance de ses extrémités; en raison de l'éloignement de ces dernières, on pourrait corriger leur effet perturbateur avec une précision satisfaisante.

M. Roiti (Italie) observe qu'on pourrait employer en effet une bobine très longue, mais alors on serait obligé d'employer une bobine induite bien régulière pour pouvoir tenir compte des actions dues aux extrémités de la bobine inductrice, ce qui se réduit alors à une simple correction.

Du reste, il ne croit pas que les difficultés de construire un solénoïde neutre soient insurmontables, surtout si l'on choisit un solénoïde à section rectangulaire.

Il suffirait de travailler au tour un cylindre creux, et, sur le tour même, il faudrait, avec une machine à diviser, tracer des rainures équidistantes dans les plans méridiens, pour loger très régulièrement une seule couche d'un fil très fin sans crainte que la traction ait des inconvénients, car il s'agit du circuit inducteur. Un grand avantage est que le circuit induit peut avoir une forme quelconque, parce que le coefficient d'induction ne dépend que du nombre de spires que fait le circuit autour du solénoïde neutre, tandis qu'en employant deux bobines comme l'ont fait MM. Fr. Weber et Rowland, il est nécessaire de mesurer non seulement les dimensions des bobines, mais aussi leur distance qui doit être petite.

M. Helmholtz signale la difficulté qu'il y a de calculer exactement le potentiel de deux bobines très rapprochées.

M. Roiti en convient et c'est justement pour cette raison qu'il propose le solénoïde neutre auquel on pourrait très bien donner des dimensions d'un mètre environ, et une exactitude d'un quart de millimètre dans les mesures serait plus que suffisante pour le résultat final.

Dans une note publiée à l'Académie des sciences de Turin, et qui est annexée au présent procès-verbal, il a indiqué comment on peut se passer de mesurer l'intensité du courant et même comment on peut se servir d'un simple galvanoscope très sensible en y envoyant successivement le courant primaire et une série de courants induits. Avec cette disposition on ne mesure pas la résistance absolue du circuit induit tout entier, on a celle d'une dérivation qui pourrait être la colonne de mercure elle-même.

M. Wiedemann fait connaître que les chiffres obtenus au moyen de la méthode actuellement en discussion, par M. Fr. Weber et M. Rowland, sont,

d'un côté, 0,9554 (avec un écart de 0,9516 à 0,9589) et, de l'autre, 0,9456, pour représenter la valeur de l'unité Siemens.

Il paraît résulter de la discussion qui vient d'avoir lieu que cette méthode est au nombre de celles qu'on devra employer.

Il est intéressant de remarquer que, pour mesurer l'intensité du courant inducteur, on peut faire usage du même galvanomètre que pour mesurer le courant induit.

La méthode peut être employée soit en produisant une seule interruption de courant, soit en superposant les effets d'une série d'interruptions, ce qui imprime à l'aiguille une déviation constante.

Sir W. Thomson fait remarquer que les expériences de M. Glazebrook ont conduit, pour l'unité Siemens, au nombre de 0,94124.

M. Mascart signale une troisième méthode, due à Wilhelm Weber, dans dans laquelle on observe l'amortissement des oscillations d'une aiguille aimantée suspendue au centre d'un cadre sur lequel est enroulé un circuit métallique fermé sur lui-même; l'inconvénient de cette méthode réside en partie dans les difficultés que présente le calcul.

M. Wiedemann annonce que M. Dorn évite cet inconvénient en dirigeant, au moyen de dérivations par le galvanomètre une fraction d'un courant passant par une boussole des tangentes, et mesurant ainsi la *sensibilité* du galvanomètre, ce qui dispense de la mesure de ses dimensions. Il a ainsi trouvé le nombre 0,9482.

M. Bosscha (Pays-Bas) expose une méthode qui, depuis quelque temps déjà, est à l'étude au laboratoire physique de Delft et qui paraît se rapprocher beaucoup de celle de M. Dorn dont M. Wiedemann vient de communiquer les premiers résultats. Elle est une modification de la troisième méthode de M. Weber. Dans cette dernière méthode, la principale difficulté résulte de la faible valeur d'une des quantités à mesurer savoir la différence des décréments logarithmiques des élongations d'une aiguille lorsque celle-ci est amenée à osciller dans l'intérieur d'un multiplicateur, soit à circuit ouvert, soit à circuit fermé. Pour qu'on puisse calculer avec une approximation suffisante le coefficient de sensibilité du multiplicateur, il faut que les pôles de l'aiguille ne soient pas trop rapprochés du fil du multiplicateur, condition qui entraîne nécessairemeut l'emploi d'un multiplicateur à coefficient faible. Pour éviter cet inconvénient, on emploie dans la méthode modifiée un multiplicateur à tours rapprochés de l'aiguille, de sorte que la différence des décréments logarithmiques à circuit fermé et à circuit ouvert ait la valeur convenable pour le déterminer d'après la méthode de rebroussement (*Zurückwerfungs Methode*)

avec la plus grande exactitude. Au lieu de calculer le coefficient de sensibilité d'après les dimensions du multiplicateur et celles de l'aiguille, on compare le coefficient du galvanomètre à celui d'un simple circuit circulaire comme le conducteur d'une boussole des tangentes ou bien à celui d'un autre galvanomètre auxiliaire dont les dimensions permettent de calculer avec une approximation suffisante le moment électromagnétique qu'un courant de l'unité d'intensité exerce sur l'aiguille aimantée. La détermination du rapport des coefficients de sensibilité du multiplicateur inducteur et du multiplicateur auxiliaire s'obtient en divisant un courant électrique entre ces deux conducteurs à la manière du galvanomètre différentiel et en réglant les résistances des deux circuits de sorte que l'aiguille reste à zéro. Dans ce cas les moments électromagnétiques pour l'unité de courant des deux conducteurs sont proportionnels aux résistances des circuits. En répétant ces expériences après avoir ajouté deux résistances a et b, le rapport de ces deux moments sera $a : b$. Ce dernier rapport peut toujours être mesuré facilement.

M. Wild (Russie) dit que, si l'on emploie des couches de fil trop voisines de l'aimant, la constance du coefficient du galvanomètre n'existe plus, dès que la déviation de l'aimant n'est plus extrêmement petite.

M. Bosscha fait observer que, dans l'application de cette méthode, on détermine par une série d'expériences spéciales le rapport dans lequel varie le coefficient de sensibilité du multiplicateur inducteur lorsque l'aiguille est déviée de divers angles compris dans les limites dans lesquelles oscille l'aiguille lors de la mesure des décréments logarithmiques. A cet effet on répète l'application de la méthode du galvanomètre différentiel après avoir fait dévier l'aiguille au moyen de deux aimants égaux placés à égale distance l'un à l'est, l'autre à l'ouest du méridien magnétique. On forme ainsi une table qui permet de tenir compte de la variation du coefficient.

M. Wild dit que cette disposition introduit de nouveaux éléments de corrections, ce qui rend l'emploi de ce genre de multiplicateurs assez difficile et problématique.

M. Helmholtz pense qu'il convient de ne pas avoir un décrément logarithmique trop petit, sans quoi, il faut observer un grand nombre d'oscillations, et, si l'expérience dure un certain temps, les variations de la déclinaison, l'influence variable des courants d'air et des autres éléments perturbateurs sont autant de causes d'erreur.

M. Bosscha déclare que l'influence qu'il faut redouter le plus est, à son avis, celle du fer que peut contenir le cuivre. C'est pour cette raison que

M. Kohlrausch a renoncé à l'emploi des amortisseurs en cuivre et s'est décidé à employer des ailettes pour ramener l'aimant au repos, utilisant ainsi la résistance de l'air.

M. Wild donne des détails sur des observations qu'il a eu l'occasion de faire relativement au fer contenu dans le cuivre des fils d'un multiplicateur. Quand il y en a une quantité appréciable, il est impossible de déterminer exactement le coefficient de sensibilité du multiplicateur pour l'angle de déviation de l'aimant.

M. Wiedemann fait remarquer que, dans ses expériences, M. Dorn doit mesurer séparément la valeur de la composante horizontale du champ magnétique ou le moment d'inertie de l'appareil suspendu.

M. Mascart dit qu'il paraît résulter des observations présentées par divers membres que la méthode doit être prise en considération, mais qu'il convient de disposer les choses en sorte que le décrément logarithmique ait une valeur assez grande, de manière à ne pas trop prolonger l'expérience.

Une autre méthode consiste à faire osciller dans un champ magnétique un cadre portant un circuit métallique fermé sur lui-même. Il ne semble pas que cette méthode ait donné lieu à des expériences suivies.

M. Helmholtz croit que la résistance de l'air s'exerçant sur toute la surface du cadre est un empêchement grave à l'emploi de cette méthode.

M. Mascart fait observer qu'on pourrait diminuer l'effet relatif de la résistance de l'air en employant un champ artificiel suffisamment intense.

Sir W. Thomson est d'avis qu'on doit rechercher un amortissement très rapide, et qu'il y a intérêt à rendre aussi grand que possible l'effet que l'on se propose de mesurer. Seulement il convient d'appliquer au mouvement oscillatoire des observations de temps analogues aux observations astronomiques, et de déterminer exactement les époques successives des passages de l'aimant mobile par la position d'équilibre. On peut tenir compte ainsi des effets de la résistance de l'air, très graves dans les instruments balistiques

M. Dumas dit qu'à sa connaissance on n'a pas essayé de faire l'expérience dans le vide ; une tentative pourrait être faite.

M. Roiti dit qu'on pourrait éviter d'opérer dans le vide en employant des aimants sphériques, ou terminés par une surface de révolution quelconque, car la résistance de l'air est alors réduite au seul frottement.

M. Mascart pense que la Sous-Commission serait heureuse d'entendre

Sir W. Thomson communiquer ses observations sur les expériences faites par Lord Rayleigh, d'après la méthode de l'Association britannique.

Sir W. Thomsom a peu de chose à ajouter aux observations formulées dans le mémoire de Lord Rayleigh. Les principales difficultés qui ont été rencontrées dans les premières expériences de l'Association britannique ont été les réalisations mécaniques, notamment la suspension de l'aiguille au centre du cadre mobile, de manière à éviter les secousses et les courants d'air. Lord Rayleigh paraît avoir éliminé ces causes d'erreurs. La plus grande difficulté est la mesure des dimensions géométriques des fils conducteurs; cette difficulté est telle que Lord Rayleigh paraît même préférer la méthode de M. Lorenz, comme susceptible d'être assez perfectionnée pour donner des résultats encore plus exacts.

Les effets de self-induction, dans l'appareil de l'Association britannique, peuvent être éliminés en répétant l'expérience avec deux ou trois valeurs diverses de la vitesse de rotation du cadre.

Il faut également tenir compte des variations d'élasticité du fil de cocon qui sert à suspendre l'aimant mobile.

Cependant la méthode de l'Association britannique paraît une bonne méthode, qui est susceptible de donner des résultats d'une grande valeur. La question des résultats qui seront définitivement adoptés est la plus importante, et Sir W. Thomson demande s'il conviendra de choisir entre les meilleurs résultats obtenus, afin de fixer un étalon industriel qu'on appellera *Ohm*, ou s'il est nécessaire de faire d'autres expériences.

M. Fr. Weber explique comment il a varié les conditions de ses expériences dont les résultats ont présenté une concordance complète, principalement par les méthodes d'induction. En ce qui concerne les mesures du rayon moyen des bobines, on peut remarquer que ce rayon figure presque avec le même coefficient au numérateur et au dénominateur de la fraction, qui représente la résistance : l'influence d'une erreur sur le rayon moyen est donc très petite.

En faisant varier la distance des bobines, on peut contrôler si le rayon moyen calculé est exact.

Sir W. Thomson cite les nombres obtenus par Lord Rayleigh qui sont :

Par la méthode de l'Association britannique.....	0,9890
Par la méthode de M. Lorenz.....	0,9867
tandis que M. Glazebrook a obtenu par la méthode de M. Kirchhoff	0,982

Suivant Sir W. Thomson il est nécessaire de répéter les diverses méthodes en divers endroits pour s'affranchir des erreurs locales.

M. Fr. Weber ajoute qu'il faut également répétér les diverses méthodes au même endroit en chargeant des observateurs différents de faire les mêmes déterminations.

M. Wiedemann expose des expériences de M. H. Weber, à Brunswick, qui s'est servi d'un cadre tournant autour d'un axe horizontal. Il a trouvé pour la valeur de l'unité Siemens 0,9424. Un fait intéressant, c'est qu'il a calculé le coefficient de self-induction, et qu'il a mesuré ensuite par expérience ce même coefficient. La valeur calculée a été trouvée de $0{,}028731.10^{10}$, alors que l'expérience directe a donné $0{,}02259.10^{10}$. Lord Rayleigh, dans ses expériences, a, au contraire, trouvé un accord complet entre le calcul et l'expérience; il y a donc là un point à signaler contre lequel il faut se mettre en garde.

M. Fr. Weber dit qu'une erreur de quelques minutes sur l'inclinaison magnétique terrestre peut donner une erreur de 1 p. o/o sur les résultats.

M. Mascart propose alors, qu'après avoir passé en revue les méthodes dans lesquelles la force électromotrice est variable, on discute celles dans lesquelles cette force électromotrice est constante. La méthode de M. Lorenz, qui peut présenter quelques difficultés de réalisation pratique, ne soulève du moins aucune objection théorique.

M. Helmholtz signale l'échauffement des frotteurs donnant lieu à des effets thermo-électriques, ainsi que les vibrations qui s'établissent dans les contacts pendant le mouvement de l'appareil.

M. Lorenz. Les effets thermo-électriques ne sont pas un obstacle à l'application de la méthode, et M. Lorenz a montré comment on pouvait en tenir compte.

M. Mascart rappelle que Lord Rayleigh, par cette méthode, a obtenu des résultats très voisins de ceux qu'avait donnés la méthode de l'Association britannique.

M. Lorenz recommande l'emploi du laiton ou du cuivre pour former le disque, et du même métal pour les frotteurs, ce sont les conditions qui donnent les courants thermo-électriques les moins forts.

En réponse à une observation de M. Helmholtz qui craint l'usure du disque, et, par suite, un changement dans les dimensions de l'appareil, M. Lorenz répond que ce sont les frotteurs qui s'usent, car le disque a une épaisseur assez notable.

M. Mascart signale encore une modification de la méthode de M. Lorenz,

qui consiste à employer deux disques tournant en sens inverse et en contact par leur circonférence, les forces électromotrices qui prennent naissance pendant le mouvement s'ajouteraient, et les deux frotteurs qui seraient disposés sur les axes des disques mobiles s'échaufferaient beaucoup moins.

M. Bosscha fait observer que l'on devra alors se borner à employer le champ magnétique terrestre qui est relativement faible.

M. Helmholtz répond à une observation qu'il avait faite lui-même, c'est qu'en équilibrant les forces électromotrices du système, toutes les variations de résistance sont sans influence.

M. Bosscha ajoute que l'on n'a jamais un équilibre absolu, mais que l'on peut seulement, par interpolation, déterminer les conditions de l'équilibre.

Sir W. Thomson trouve que la méthode de M. Lorenz offre une grande simplicité et de sérieux avantages sur les autres méthodes.

Relativement à l'objection qui a été faite du frottement sur un disque tournant avec une grande vitesse, et des vibrations qui en résultent, il remarque qu'un seul contact instantané suffirait pour constater que l'équilibre existe, et donnerait le même résultat qu'un contact continu; une série de contacts successifs doit donc encore donner le même résultat.

Quant à la manière d'établir les contacts, on peut le faire par la circonférence extérieure elle-même ou en établissant un fil qui frotterait sur la surface du disque à une certaine distance du bord. Cette disposition lui paraît préférable, car on pourrait disposer de la même manière les deux frotteurs à des distances inégales du centre et mesurer avec une précision extrêmement grande la distance des deux circonférences de frottement.

M. Lorenz fait observer qu'un contact momentané ne permettrait pas d'éliminer l'effet des phénomènes thermo-électriques, et qu'il est nécessaire d'établir un contact continu.

M. Kohlrausch dit qu'il lui est assez difficile de porter un jugement sur une méthode qu'il n'a pas employée. Parmi les deux méthodes de M. Lorenz, il semble que l'auteur paraisse préférer l'une parce que la seconde comporte la mesure d'un courant et des dimensions d'une bobine. Cette mesure ne lui semble pas une opération difficile.

M. Mascart propose d'examiner encore d'autres méthodes, entre autres celles dans lesquelles on mesure, à un instant donné, la force électro-motrice développée dans un cadre tournant.

M. Kohlrausch fait observer que l'on n'a pas parlé de la méthode de W. Weber que lui-même a employée; il y a deux méthodes dans lesquelles on emploie l'amortissement d'un aimant mobile : la première consiste à faire osciller un aimant au centre d'un multiplicateur à circuit fermé; la deuxième comprend un multiplicateur et un conducteur. A ce propos M. Kohlrausch distribue l'extrait d'un mémoire qui sera annexé au présent procès-verbal. Mais cette méthode, comportant la détermination d'un moment d'inertie, n'est pas à recommander.

La suite de la discussion est remise à la prochaine séance.

La séance est levée à onze heures quarante-cinq minutes.

Le Président :

J.-B. DUMAS.

Le Secrétaire :

Henri BECQUEREL.

ANNEXE N° 1

A LA PREMIÈRE SÉANCE DE LA PREMIÈRE SOUS-COMMISSION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

MÉTHODE POUR DÉTERMINER L'OHM

PAR M. A. ROITI.

(Extrait des actes de l'Académie royale de Turin, séance du 30 avril 1882.)

A la fin de mon Mémoire sur les solénoïdes neutres (*Nuovo Cimento, anno 1874*, t. II, p. 55), j'ai exposé comment je pensais me servir des phénomènes d'induction qu'ils présentent, pour déterminer la résistance absolue des conducteurs; mais des circonstances indépendantes de ma volonté m'ont empêché de réaliser mon idée. Maintenant que la détermination de l'unité de résistance est à l'ordre du jour, je pense qu'il ne sera pas inutile de revenir sur cette idée.

Soit i l'intensité du courant primaire que l'on lance dans le solénoïde, q la quantité d'électricité qui passe à chaque ouverture par le circuit induit de résistance r, enroulé μ fois autour de l'anneau inducteur; soit μL le coefficient d'induction mutuelle; on aura :

$$q = \frac{\mu L}{r} i.$$

Si l'on interrompt l'inducteur n fois par seconde, et si le circuit induit ne se trouve fermé que pour les courants directs, il y passera, pendant l'unité du temps, la quantité d'électricité :

$$I = n q$$

et l'on aura :

(1) $$r = n \mu L \frac{i}{I}.$$

Il serait difficile de rendre I et i du même ordre de grandeur; mais on pourrait envoyer dans le galvanomètre une dérivation du courant primaire, dont l'intensité serait :

$$j = i \frac{b}{b + c}$$

où b et c sont les résistances des deux branches. Alors la formule (1) devient :

$$r = n\,\mu\,\mathrm{L}\left(1 + \frac{c}{b}\right)\frac{j}{\mathrm{I}}$$

qui se réduit à :

$$b = n\,\mu\,\mathrm{L}\,\frac{\mathrm{I}}{j}$$

en prenant

(2) $$r = b + c$$

Choisissant convenablement L, n, μ, on pourra même rendre

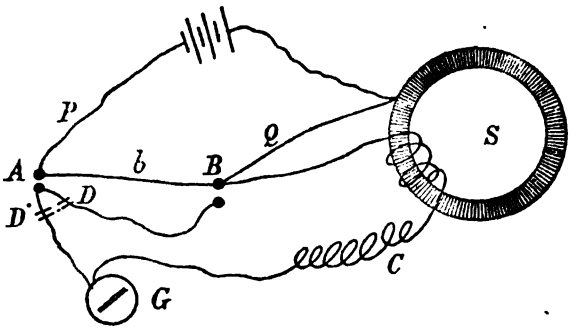
(3) $$j = \mathrm{I}$$

et alors il suffira d'un simple galvanoscope, et on obtiendra :

(4) $$b = n\,\mu\,\mathrm{L}$$

En résumé, on pourrait conduire l'expérience de la manière suivante :

On réunit le réophore P de la pile directement avec le point de dérivation A, et l'autre réophore Q avec le point B par le fil du solénoïde neutre S. On prend pour branches de dérivation entre A et B la résistance b que l'on veut mesurer, et la résistance c formée par le galvanoscope G et les fils C enroulés autour du solénoïde, et on lit la déviation produite par le courant j.



Ensuite on substitue, par un commutateur rapide, aux communications de P et Q avec b, les communications de P et Q avec un fil F de résistance $\frac{bc}{b+c}$, si l'on veut que la condition (2) soit satisfaite.

Il faudra, outre cela, qu'un interrupteur D fonctionne en F d'accord avec un autre interrupteur D′ sur le circuit induit, pour que ce dernier soit fermé pendant les ouvertures. Si l'on veut faire usage de la formule (3), on changera le nombre μ des tours jusqu'à ce que la déviation du galvanoscope G soit la même qu'auparavant.

Il paraît donc que toutes les difficultés de la méthode se concentrent dans l'interrupteur D D′, qui devra opérer un nombre n exactement déterminé d'interruptions par seconde et tel qu'il soit grand par rapport au nombre d'oscillations de l'aimant du galvanomètre, mais pas trop grand pour que les extracourants aient le temps de se produire complètement entre deux interruptions successives. Il est certain

qu'on pourra vaincre cette difficulté; et, du reste, il ne manque pas de moyens sûrs et faciles pour vérifier si ces conditions seront satisfaites.

Comme exemple particulier, si la section de l'anneau est un rectangle de hauteur h, et si d' et d sont les diamètres extérieur et intérieur de l'anneau, la formule définitive pour calculer la résistance absolue entre les points A et B sera :

$$b = \mu\, n\, m\, 2\, h \log. \frac{d'}{d}$$

μ Nombre des tours du circuit induit autour du solénoïde;
n Nombre des courants induits en une seconde;
m Nombre des spires du solénoïde.

ANNEXE N° 2

A LA PREMIÈRE SÉANCE DE LA SOUS-COMMISSION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

MESURE

de la surface d'enroulement d'une bobine par voie électrique et de la résistance absolue de l'unité mercurielle, par M. F. KOHLRAUSCH (1).

La connaissance de la surface limitée par un circuit fermé plan intervient dans le calcul des actions des courants à distance, aussi est-il important de la mesurer. La détermination approximative de cette quantité est facile à déduire de la forme et du nombre de tours de la bobine et de la longueur du fil, mais sa mesure géométrique soulève quelques objections lorsqu'on tient à une grande exactitude (2). Ce que l'on reproche, en outre, à ce procédé c'est de ne pas offrir d'autre moyen de contrôle de la mesure que de dévider le fil de la bobine et par conséquent de détruire son ouvrage.

Je vais décrire un moyen très simple d'obtenir la surface d'enroulement des circuits fermés après leur achèvement, et je crois qu'il sera très exact et à l'abri de tout reproche.

On peut mesurer très exactement le diamètre d'une boussole des tangentes n'ayant qu'un seul tour de fil, et l'on peut calculer exactement l'action d'un courant traversant ce tour de fil sur une petite aiguille suspendue au centre. En faisant passer un seul et même courant par la boussole des tangentes et par la bobine placée à distance, et en équilibrant les effets exercés par les deux conducteurs sur l'aiguille de la boussole on obtient l'action exercée par la bobine, et l'on en déduit la surface d'enroulement.

Si nous négligeons provisoirement les corrections de la méthode, elle sera la suivante :

Soit i la force du courant et φ la déviation de l'aiguille qui possède le magnétisme M, le moment de torsion provenant de la boussole des tangentes de rayon R sera

$$iM \frac{2\pi}{R} \cos \varphi.$$

(1) *Nachrichten der königl. gesellschaft der wissenchaften*, Göttingen, p. 654, 1882.

(2) Siemens, *Pogg. Ann.* CXXVII, 332. 1866; Rowland, *Sill. journ. XV*, p. 288, 1878, G. Wiedemann. *Elektrotechn.* Zeitschrift III, 261. 1882.

La bobine ayant une surface d'enroulement F, étant placée dans la première position principale à une distance a du milieu de l'aiguille (c'est-à-dire à l'est ou à l'ouest de l'aiguille, l'axe de la bobine étant dirigé vers l'aiguille), l'action du courant i traversant la bobine sur l'aiguille sera donnée par

$$2\, i\, M \frac{F}{a^3} \cos \varphi.$$

Enfin l'aiguille est soumise à une action de magnétisme terrestre et de son fil de suspension représenté par

$$- C\, M \sin \varphi.$$

Soit φ l'angle observé lorsque le courant de la bobine agit dans le même sens que celui de la boussole des tangentes. Si l'on change le sens du courant dans la boussole des tangentes, on aura la déviation φ', qui sera négative si elle a lieu du côté opposé à φ.

On a alors

$$\left(2 \frac{F}{a^3} + \frac{2\pi}{R}\right) i = C tg\, \varphi.$$

$$\left(2 \frac{F}{a^3} - \frac{2\pi}{R}\right) i = C\, tg\, \varphi'.$$

d'où l'on déduit la surface d'enroulement cherchée,

$$F = \frac{a^3 \pi}{R} \frac{tg\, \varphi + tg\, \varphi'}{tg\, \varphi - tg\, \varphi'}$$

Si la bobine agit dans la seconde position principale au lieu de la première (c'est-à-dire au nord ou au sud de l'aiguille, l'axe de la bobine étant dirigé de l'est à l'ouest), il faut encore ajouter le facteur 2.

Exécution pratique de la méthode.

Afin de pouvoir admettre que l'action de la bobine à distance est inversement proportionnelle au cube de la distance, comme on l'a fait ci-dessus, il faut avoir une distance assez grande pour pouvoir négliger le carré du rapport de la dimension de la bobine à la distance. Il est facile de voir qu'en général on n'ira pas si loin. On doit donc faire entrer les dimensions de la bobine en ligne de compte, et voici comment on procèdera.

J'admets que l'on puisse négliger la 6e puissance du rapport ci-dessus indiqué.

Soit l la longueur de la bobine cylindrique, r_0 son rayon intérieur, r_1 son rayon extérieur.

1re Position.

On obtiendra l'action de la bobine en remplaçant $2 \frac{F}{a^3}$ par

$$2 \frac{F}{a^3} \left[1 + \frac{1}{a^2} l^2 \frac{1}{2}\right) - \frac{9}{10} \rho\right) + \frac{1}{a^4} \left(\frac{3}{16} l^4 - \frac{9}{8} l^2 \rho + \frac{45}{56} \rho'\right)\Big].$$

2e Position.

L'action est :

$$\frac{F}{a^3}\left[1+\frac{1}{a^2}\left(-\frac{3}{8}l^2+\frac{27}{40}\rho\right)+\frac{1}{a^4}\left(\frac{15}{128}l^4-\frac{45}{64}l^2\rho+\frac{225}{448}\rho'\right)\right]$$

dans lesquelles

$$\rho=\frac{r_1^5-r_0^5}{r_1^3-r_0^3}$$

$$\rho'=\frac{r_1^7-r_1^7}{r_1^3-r_0^3}$$

Afin d'éliminer le défaut de centrage de l'aiguille et de la boussole, on fait des observations pour les deux côtés de la bobine et l'on prend pour distance la moitié de l'écartement des deux verticales du fil de cocon de l'aiguille. En outre, on observe les déviations de l'aiguille des deux côtés en changeant le sens du courant et l'on prend la moyenne. On élimine les variations de force du courant en changeant convenablement les communications. On n'aura même pas besoin de ces mesures de précaution si l'on dispose les distances de manière que les courants se compensent à peu près dans les deux instruments lorsqu'ils agissent en sens contraire l'un de l'autre.

Exemple.

La première application de cette mesure a été faite à la bobine d'un instrument classique, savoir, à l'inducteur terrestre de M. Weber décrit en 1853 dans le 5e volume des travaux de la société royale de Göttingue. MM. Weber et Riecke ont eu la bonté de mettre cet instrument à ma disposition pour en faire la mesure.

Je tenais essentiellement à mesurer cette surface d'enroulement, car je m'étais servi de cet inducteur terrestre en 1869 pour des déterminations de résistance absolue à l'observatoire magnétique de Göttingue (1). Cette mesure avait donné un résultat d environ 2 p. o/o plus fort que celle exécutée un peu avant par le comité de l'association britannique. Depuis, la plupart des déterminations de résistance absolue faites par MM. Lorenz, F. Weber, Rowland, Rayleigh et Schuster ont, au contraire, donné un résultat plus faible, de sorte qu'en présence de ces résultats, j'avais lieu de douter de mon opération. Mon départ de Göttingue, qui eut lieu l'année suivante, m'empêcha de répéter ce travail pénible et exigeant beaucoup de temps.

La surface d'enroulement de l'inducteur était la seule quantité entrant dans mon travail que je n'eusse point mesurée moi-même; il est donc facile de comprendre que je désirais combler cette lacune. M. Rowland ayant fait remarquer que la mesure géométrique de la surface d'enroulement pendant sa construction peut facilement donner une valeur trop grande, j'avais d'autant plus le désir de faire cette mesure que M. Rowland appuyait cette opinion de considérations dont on ne peut nier la justesse. Je dois tous mes remercîments à l'Institut de physique de Göttingue, qui m'a mis en état de faire cette mesure.

---

(1) *Nachrichten der Königl Gesellschaft der Wissenchaften*. 1870, p. 513. (Pogg. Ann. Erg. VI, 1.)

La boussole des tangentes employée pour cette observation a été décrite par moi dernièrement dans les Annales de physique de Wiedemann (15e vol., page 552). Elle a un diamètre d'enroulement moyen de 40,29 centimètres. En comprenant les petites corrections nécessitées par le fil qui amène le courant et par la longueur de l'aiguille, on trouve qu'un courant i passant dans les spires exerce sur l'aiguille un moment de torsion (centimètre, gramme).

$$Mi.\ 0{,}3119.\ \cos\varphi.$$

La bobine de l'inducteur a un rayon intérieur $r_0 = 11{,}43$, un rayon extérieur, $= 17{,}14$ centimètre; la longueur de la couche de fil est de 12 centimètres.

La distance entre l'inducteur et l'aiguille pendant les mesures variant de 108 à 135 centimètres est assez grande pour que l'on puisse négliger la sixième puissance du rapport des dimensions de l'inducteur à la distance. Les carrés de ce rapport entrant dans la correction sont assez faibles pour ne pas avoir égard aux petites irrégularités du plan de la surface d'enroulement.

On a fait trois séries d'observations exécutées, en partie par M. Hallock en partie par moi, deux dans la première position avec une distance $a = 134{,}83$ centimètres, deux dans la seconde position avec $a = 107{,}80$ et $125{,}18$ centimètres, et chaque fois en se servant de courants d'intensités différentes. Les résultats de chaque série concordent parfaitement et les mesures s'écartent tout au plus de $\frac{1}{2200}$

On a obtenu pour surface d'enroulement de l'inducteur les valeurs: 38,72, 38,73, 38,71 et 38,70 soit en moyenne 38,72 mètres carrés.

Correction relative à la résistance absolue trouvée précédemment pour l'unité mercurielle.

Il résulte des mesures géométriques faites il y a trente ans, lors de l'enroulement de l'induction, que la surface de ce dernier = 39,28 *mq*. La valeur actuellement trouvée est de 0,56 *mq* plus faible. Pour expliquer cette différence, il suffit d'un écart de 1 millimètre environ du rayon moyen.

M. Rowland supposait une différence de ce genre par suite de l'enchevêtrement des couches de fil de 3 m/m2 de diamètre et de la pression exercée par les couches supérieures sur les inférieures. Sans examiner si toute la différence provient de là ou s'il s'est produit une diminution avec le temps, on peut admettre ce qui suit comme très probable. En 1853, l'inducteur existait déjà et avait au moins seize ans de date lorsque j'ai mesuré la résistance absolue. Il n'est pas probable qu'il se soit produit une autre variation depuis cette époque. Extérieurement, il n'a été fait aucune modication à son état ni intentionnellement ni par imprudence, ainsi qu'on peut en juger par son aspect. On doit donc admettre que les surfaces d'enroulement avaient, au moment de ma détermination, des résistances, la même grandeur qu'aujourd'hui, c'est-à-dire qu'au lieu de 392800 centimètres carrés on doit mettre 387200 centimètres cubes dans le calcul.

La valeur de $0{,}9717\ \frac{\text{quart de méridien}}{\text{seconde}}$ calculée autrefois pour l'unité mercurielle de

Siemens doit donc être réduite dans la proportion $387200^2 : 392800^2$; donc

$$\text{unité mercurielle} = 0{,}944 \text{ ohm ou } \frac{\text{quart de méridien}}{\text{seconde}}$$

ou encore

$$1 \text{ unité B. A.} = 0{,}990 \text{ ohm}$$

résultats approchant de ceux de MM. Rowland, Rayleigh et Schuster. Sauf la surface de l'inducteur, j'avais mesuré moi-même toutes les quantités de mon travail. Le complément actuel de mes mesures réduit considérablement les différences encore inexpliquées des déterminations de résistance absolue faites par divers observateurs; c'est pour moi un heureux résultat de cette nouvelle méthode de mesure des surfaces d'enroulement.

PREMIÈRE COMMISSION.

DEUXIÈME SÉANCE DE LA SOUS-COMMISSION.

(JEUDI 19 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. J. B. DUMAS.

La séance est ouverte à dix heures du matin.

Étaient présents:

MM. Siemens, Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Lorenz, Mascart, Blavier, Sir. W. Thomson, H. Becquerel, Broch, Bosscha, Wild, Roiti, Fr. Weber, Lenz.

M. Siemens (Allemagne) annonce qu'il est rappelé en Allemagne par un deuil de famille, et, avant de quitter les travaux de la Conférence, il désire présenter quelques observations sur la méthode de M. Lorenz. Suivant lui, cette méthode est celle qui pourra fournir les résultats les plus exacts. L'expérience qu'il a de la construction des appareils de précision lui permet de penser que l'on peut éviter la plupart des difficultés signalées jusqu'ici. Par exemple en formant le disque tournant et les frotteurs d'un même métal très dur, et plongeant le tout dans un liquide isolant dont la température puisse rester fixe, on pourra diminuer considérablement les effets thermo-électriques.

En graissant légèrement la surface, on évite le danger des rainures, et le diamètre reste exactement celui qu'on a mesuré tout d'abord. On peut atteindre et même dépasser une vitesse de 100 tours par seconde. Le choix de cette vitesse et l'emploi d'un galvanoscope très sensible permettent d'atteindre une grande sensibilité dans les mesures; on peut même remplacer la bobine par un seul tour de fil qui se mesure avec une très grande exactitude; on aurait ainsi toutes les conditions permettant de faire des mesures aussi exactes que possible,

La méthode de Lorenz présente un autre avantage, celui de permettre de déterminer le volt par la même opération que l'ohm.

On appliquerait à la force électromotrice qui prend naissance dans le disque tournant, la méthode de compensation de Poggendorf, en la comparant à celle d'une pile dont la résistance serait connue, et très faible. M Siemens a exposé les détails de cette expérience dans une note écrite en langue allemande, qui sera traduite et annexée au présent procès-verbal.

Supposons qu'on ait fait cette comparaison, et qu'on ait mesuré la résistance intérieure de la pile employée, ce qui peut se faire assez exactement (on devra d'ailleurs augmenter la surface de la pile pour diminuer sa résistance); on pourra alors employer la méthode Poggendorff pour exprimer la force électromotrice de la pile *en volts*. Il pense qu'un des grands avantages de la méthode est de permettre d'évaluer simultanément, en mesure absolue, les deux grandeurs.

Quant au réglage de la vitesse de rotation du disque, on peut atteindre, de ce côté, une exactitude en quelque sorte chronométrique.

M. Mascart (France) dit qu'on a passé en revue la plupart des méthodes qui ont été employées jusqu'à ce jour, sauf celle où l'on équilibre, à un moment donné, la force électromotrice, qui prend naissance dans un cadre tournant. Cette méthode a été proposée par M. Carey Foster, puis par M. Lippmann. Il serait utile d'examiner s'il y a des objections théoriques à l'emploi de cette méthode. Lorsqu'un cadre tourne avec une grande vitesse, si l'on met, pendant un instant très court, les extrémités du conducteur en contact avec un appareil de mesure, est-il sûr qu'on évalue bien la force électromotrice correspondant à la position actuelle du cadre et à la vitesse de rotation? Les effets statiques qui se produisent dans le conducteur n'apportent-ils pas une perturbation?

M. Helmholtz (Allemagne) dit qu'il existe réellement, dans ce cas, un effet statique, mais que la charge d'électricité qui se développe aux extrémités du conducteur correspond à un potentiel égal à la force électromotrice agissant à l'instant considéré. Un contact instantané serait tout à fait suffisant pour charger un condensateur précisément à ce potentiel, ou pour produire un faible courant à travers une grande résistance. Il convient, dans tous les cas, d'avoir recours à une méthode d'opposition, dans laquelle les effets observés devraient être les mêmes, que le cadre soit ouvert ou fermé, mais il paraît difficile, en l'état actuel de la question, de décider s'il sera possible d'arriver à ce résultat. M. Helmholtz, afin de contrôler un point de la théorie électrodynamique, a fait des expériences pour mesurer le potentiel d'un condensateur animé d'un mouvement de rotation rapide; cette mesure s'effectuait

dans de bonnes conditions en employant un électromètre ; on pourrait peut-être également se servir d'un galvanomètre à grande résistance.

La méthode des forces électromotrices a-t-elle été présentée par quelque physicien sous une forme parfaitement définie?

M. Wiedemann (Allemagne) ajoute que les expériences de M. Carey Foster avec cette méthode ne constituent qu'une tentative tout à fait préliminaire et qu'aucun chiffre ne peut être donné jusqu'à présent.

M. Mascart ajoute qu'il reste à examiner la méthode des courants alternatifs. Un cadre tourne d'un mouvement continu dans un champ magnétique, et les courants alternatifs ainsi engendrés sont dirigés dans un électrodynamomètre, au moyen duquel on mesure le carré moyen de leur intensité. Cette méthode donne lieu à des calculs un peu compliqués, parce qu'il faut faire intervenir le coefficient de self-induction du cadre; on peut aussi éliminer ce coefficient par des expériences à différentes vitesses.

M. Joubert propose de mesurer, non pas une intensité de courant, mais une force électromotrice : à cet effet, les deux extrémités du circuit tournant sont reliées, l'une à l'aiguille, l'autre à une paire de quadrants d'un électromètre, dont la seconde paire communique au sol. L'action qui s'exerce sur l'aiguille est alors proportionnelle au carré de la force électromotrice, et l'on peut graduer l'instrument par deux contacts pris sur un courant d'intensité connue.

M. Helmoltz se rappelle, en effet, que M. Joubert a déjà proposé l'emploi de cette méthode pour l'étude des machines. Il ne la croit applicable que dans le cas de forces électromotrices assez considérables. L'électromètre est assez sensible pour mesurer le $\frac{1}{100}$ et le $\frac{1}{1000}$ d'un Daniell, mais c'est à la condition que les cadrans ou l'aiguille possèdent une charge très élevée; or, dans la méthode proposée, ces deux parties de l'appareil sont reliées aux extrémités du circuit, et, par conséquent, chacune d'elles ne prend qu'une charge très faible.

M. Mascart répond que l'on peut enrouler sur le cadre une grande longueur de fil fin, de manière à avoir une force électromotrice très grande, l'emploi du fil fin n'a pas d'inconvénient, puisqu'il n'y a pas de courant, et, par suite, pas d'échauffement.

D'un autre côté, on peut augmenter beaucoup la sensibilité de l'électromètre, notamment en employant une aiguille très légère et rapprochant autant que possible les deux fils de la suspension bifilaire. Les appareils nécessaires à l'expérimentation de cette méthode existent, mais ils n'ont pas encore été

essayés. La Sous-Commission ne peut donc pas émettre d'avis sur les avantages qu'elle peut présenter.

M. Mascart propose de résumer les discussions de la Sous-Commission dans le texte suivant :

La Commission considère que les déterminations faites jusqu'à présent n'offrent pas encore le degré de concordance qui serait nécessaire pour fixer une valeur numérique de l'ohm en colonne mercurielle.

Elle estime donc qu'il y a lieu de poursuivre les recherches.

Sans pouvoir émettre un avis motivé sur les différentes méthodes qui n'ont pas encore reçu le contrôle de l'expérience, elle considère les suivantes comme particulièrement propres à donner des résultats très exacts :

1° Le dégagement de chaleur par les courants.

M. Wild (Russie) propose à la Sous-Commission d'approuver d'abord l'esprit dans lequel ce texte est rédigé et d'en discuter ensuite les phrases une à une.

Cette proposition est approuvée.

M. Mascart procède ensuite à une seconde lecture. La Sous-Commission adopte définitivement la première partie, conçue comme il a été dit plus haut.

M. Mascart continue la lecture :

1° Le dégagement de chaleur par les courants.

M. Lenz (Russie) est d'avis qu'en raison de l'incertitude qui règne encore sur la valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur, il n'y a pas lieu de classer la méthode calorimétrique parmi celles qui peuvent donner les résultats les plus exacts.

M. Dumas fait remarquer que cette objection tombera lorsque Sir William Thomson aura fourni, ainsi qu'il l'a annoncé, l'explication de la divergence des valeurs obtenues par M. Joule et par M. Regnault.

M. Blavier (France) pense qu'il convient d'indiquer cette méthode, non comme méthode principale, mais comme méthode de contrôle.

M. Mascart rappelle que sir W. Thomson a fait remarquer que c'était d'après les indications de cette méthode que l'on avait reconnu la nécessité de corriger la valeur de l'ohm déterminée par l'Association britannique.

M. Broch (Norvège) considère la méthode calorimétrique comme la plus

directe et comme comportant le moins d'erreurs; c'est celle qui fournira les résultats les plus approchés; mais il faut arriver à une connaissance précise de l'équivalent mécanique de la chaleur.

Sir W. Thomson (Angleterre) dit que la méthode calorimétrique n'est pas absolument directe, puisqu'il faut mesurer l'intensité du courant employé. Toutefois elle a une grande importance, au point de vue du contrôle, elle permettrait d'arriver à une valeur approchée à 1/3 p. o/o. Or, entre les résultats de M. Fr. Weber et de lord Rayleigh, l'écart est encore de 1 p. o/o; il est donc à désirer que les déterminations calorimétriques soient reprises avec tout le soin possible; d'ailleurs les essais faits dans ce sens auront toujours pour effet, soit de préciser encore la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur soit de préciser la valeur de l'ohm.

M. Helmholtz propose de rejeter la méthode calorimétrique à la fin du texte proposé par M. Mascart, et de la donner à titre de méthode de contrôle.

M. Fr. Weber (Suisse) dit que les déterminations de l'équivalent mécanique de la chaleur se rapportent tantôt au thermomètre à mercure, tantôt au thermomètre à air. M. Joule s'est servi du thermomètre à mercure, et M. Regnault du thermomètre à air. Les deux thermomètres ne lui paraissent pas être comparables. En outre, M. Joule a supposé la chaleur spécifique des corps restant constante; en fait, il a adopté la chaleur moyenne de 0° à 100°, donnée par M. Regnault.

Sir W. Thomson ne croit pas à la cause d'erreur que M. Fr. Weber vient de signaler dans la méthode calorimétrique, car M. Joule a pris soin de réduire tous ses résultats à l'eau. La différence entre les thermomètres à mercure et à air serait très petite.

M. Fr. Weber croit la différence plus grande.

Sir W. Thomson dit qu'entre 0° et 100°, la concordance entre les indications des thermomètres à mercure et à air est très satisfaisante. A 50° l'écart est seulement de 3/10 de degré.

M. Helmholtz fait remarquer que les indications des thermomètres à mercure varient avec la nature du verre, et que l'écart est plus considérable que dans les thermomètres à air, où la dilatation du verre a peu d'influence.

M. Broch observe que cette critique peut s'appliquer aux travaux publiés jusqu'à ce jour par la méthode calorimétrique, mais qu'il sera facile de se

prémunir, à l'avenir, contre cette cause d'erreur en comparant préalablement les thermomètres à mercure au thermomètre à air; on sera sûr d'obtenir ainsi la température à 1/100 de degré près.

Sir W. Thomson dit qu'il sera, dans tous les cas, indispensable de préciser l'unité de chaleur, mais ne croit pas que ce soit le lieu et le moment d'exposer ses vues à cet égard.

M. Dumas demande si personne ne s'oppose au rejet de la méthode calorimétrique à la fin du texte proposé par M. Mascart.

Ce rejet est adopté par la Sous-Commission.

M. Mascart reprend la lecture du texte, modifié de la manière suivante :

1° Induction d'un courant sur un circuit fermé. Méthode de M. Kirchhoff.

2° Induction par la terre. Méthode de W. Weber.

3° Amortissement des aimants et des cadres mobiles.

M. Wild propose de supprimer la méthode du cadre suspendu qui ne paraît devoir être employée par aucun physicien.

M. Bosscha (Pays-Bas) fait remarquer qu'on pourra peut-être imaginer, par la suite, certaines dispositions rendant pratique l'emploi de cette méthode (méthode d'équilibre, ou oscillations d'une bobine placée au centre d'une seconde bobine, etc.) Il est donc d'avis de la maintenir dans le texte.

MM. Wiedemann et Helmholtz font remarquer que le texte ne comporte que l'énumération de méthodes employées jusqu'à ce jour, et qu'on n'y saurait faire figurer la méthode en question, qui ne paraît pas avoir été expérimentée.

Le texte est modifié en ce sens.

M. Mascart reprend la lecture.

3° Amortissement des aimants mobiles.

4° Appareil de l'Association Britannique.

5° Méthodes de M. Lorenz.

Toute cette partie du texte est adoptée.

M. Mascart lit ensuite la phrase suivante.

La Commission est d'avis que, parmi les méthodes d'induction, celle de M. Lorenz, indépendamment de sa simplicité théorique, présente les plus grandes garanties.

M. Helmholtz fait observer que, jusqu'à ce jour, les expériences de lord

Rayleigh sont, autant du moins qu'on en peut juger par les publications scientifiques, les seules qui aient été exécutées avec toutes les précautions exigées et publiées *in extenso*. Dans l'état de la question, il croit qu'il n'y a pas lieu de donner une sorte de consécration officielle à aucune des méthodes, bien que ses préférences personnelles soient pour celle de M. Lorenz.

M. Dumas partage l'avis de M. Helmholtz; les marques d'estime que les membres de la Sous-Commission ont eu occasion de témoigner en faveur de la méthode de M. Lorenz se trouveront insérées dans les procès-verbaux des séances.

La suppression de la phrase qui fait l'objet de la discussion est décidée.

M. Mascart donne lecture d'une dernière phrase ainsi conçue :

D'autre part, il est désirable de déterminer à nouveau la quantité de chaleur dégagée par un courant d'intensité connue; cette expérience servira en même temps de contrôle pour la valeur de l'ohm, et permettra de connaître plus exactement l'équivalent mécanique de la chaleur.

Cette dernière phrase étant approuvée, le texte se trouve définitivement arrêté, comme il suit:

RÉSOLUTIONS DE LA SOUS-COMMISSION.

« *La Commission considère que les déterminations faites jusqu'à présent n'offrent pas encore le degré de concordance qui serait nécessaire pour fixer la valeur numérique de l'ohm en colonne mercurielle. Elle estime donc qu'il y a lieu de poursuivre les recherches.*

« *Sans pouvoir émettre un avis motivé sur les différentes méthodes qui n'ont pas encore reçu le contrôle de l'expérience, elle considère les suivantes comme particulièrement propres à donner des résultats très exacts.*

« *1° Induction d'un courant sur un circuit fermé (méthode de M. Kirchhoff).*

« *2° Induction par la terre (méthode de Wilhelm Weber).*

« *3° Amortissement des aimants mobiles (méthode de Wilhelm Weber).*

« *4° Appareils de l'Association Britannique.*

« *5° Méthodes de M. Lorenz.*

« *D'autre part, il est désirable de déterminer à nouveau la quantité de chaleur dégagée par un courant d'intensité connue; cette expérience servira en même temps de contrôle pour la valeur de l'ohm et permettra de connaître plus exactement l'équivalent mécanique de la chaleur.* »

M. Dumas demande s'il n'y aurait pas lieu de consacrer une mention spéciale aux méthodes qui ne sont pas comprises dans cette énumération.

M. Mascart croit que la première partie du texte réserve suffisamment l'appréciation de la Sous-Commission relativement aux méthodes qui n'ont été que proposées et non essayées. D'ailleurs, les avis émis au cours de la discussion sur plusieurs de ces méthodes seront insérés dans les procès-verbaux.

M. Kohlrausch dit qu'il serait utile d'indiquer les documents contenant des indications relatives aux méthodes employées ou proposées pour la détermination de l'ohm.

M. Mascart répond qu'on pourra prier MM. les secrétaires de dresser une liste bibliographique des travaux de ce genre.

M. Wiedemann fait connaître qu'il s'est occupé de cette question et qu'il espère faire parvenir à la commission une bibliographie complète.

M. Helmholtz exprime l'avis que, dans l'état actuel de la question, on ne peut songer à déterminer immédiatement la valeur pratique de l'ohm. Il serait utile de demander au Gouvernement français de transmettre aux autres Gouvernements représentés à la Conférence un vœu *tendant à ce que chacun d'eux prît les mesures nécessaires pour favoriser les recherches de ses nationaux.* Une approximation d'un millième serait suffisante pour l'industrie; dès que la Commission aura décidé que les travaux sont assez avancés pour qu'on puisse atteindre cette approximation (ce qui pourra être facilement reconnu, puisqu'on dispose de moyens très exacts pour comparer les résultats obtenus par les divers expérimentateurs), il sera utile que la Conférence se réunisse de nouveau pour fixer la valeur pratique de l'ohm.

M. Helmholtz croit indispensable de recommander aux expérimentateurs de comparer leurs étalons. Cette précaution sera facile à réaliser, si la Commission décide d'envoyer un étalon à chacun d'eux, ou mieux d'échanger les étalons de comparaison entre les divers expérimentateurs.

Sir W. Thomson est d'avis qu'il faut prendre en considération la proposition de M. Helmholtz.

Il est probable que la plus grande partie des différences entre les résultats obtenus par divers savants est imputable à des différences entre les étalons dont ils ont fait usage. La comparaison des étalons d'unité Siemens et la reproduction de ces étalons peut se faire très exactement, ainsi que cela résulte d'une lettre récente de lord Rayleigh qui contient l'extrait suivant :

« *Sur la résistance spécifique du mercure*, par lord Rayleigh, professeur de physique « expérimentale à l'Université de Cambridge, et Mlle H. Sidgwick; 24 avril 1882 « (extrait).

« Les observations détaillées dans le mémoire ont été faites en vue de déterminer « le rapport entre l'unité B.A. et l'unité mercurielle de Siemens, c'est-à-dire la résis- « tance d'une colonne de mercure à 0°, d'un mètre de long et d'un millimètre carré « de section.

« Suivant les expériences de Siemens,

1 unité mercurielle = 0,9536 unités B.A.

« et suivant Matthiessen et Hockin,

1 unité mercurielle = 0,9619 unités B.A.

« La valeur qui résulte de nos observations concorde presque avec la valeur donnée « par Siemens,

1 unité mercurielle = 0,95 418 unités B.A.

« On a fait usage de quatre tubes contenant du mercure sur une longueur qui a « varié de 87 à 194 centimètres. Le diamètre des trois premiers tubes était environ « 1 millimètre, et celui du quatrième environ 2 millimètres. Les nombres définitifs « obtenus en remplissant chaque fois à nouveau les tubes ont été :

Tube I.....	0,95386 0,95412 0,95424 0,95436 0,95421	Moyenne.....	0,95416
Tube II.....	0,95389 0,95414 0,95437 0,95436	Moyenne.....	0,95419
Tube III.....	0,95424 0,95418 0,95399 0,95425	Moyenne.....	0,95416
Tube IV.....	0,95440 0,95415	Moyenne.....	0,95427

« En combinant les résultats du présent mémoire avec nos déterminations de « l'unité B.A. en mesure absolue, nous en déduisons :

1 unité mercurielle = $0,94130 \times 10^9$ CGS.

La lettre de lord Rayleigh se termine ainsi : « Mon impression est que la compa- « raison entre la colonne de Siemens et l'unité de l'Association britannique est exacte « environ à $\frac{1}{4000}$, et que l'unité B.A. est à moins de $\frac{1}{1000}$ près égale à

$0\ 09867 \times 10^9$ C. G. S. »

En réponse à une question de M. Wiedemann, Sir W. Thomson dit que les étalons à comparer et à échanger par les divers expérimentateurs sont des résistances solides, choisies d'une manière tout à fait arbitraire, mais qui, toutefois, doivent être à peu près égales à l'ohm théorique, afin que les comparaisons puissent se faire avec toute l'exactitude désirable.

M. Siemens présente une nouvelle observation en faveur de la méthode de M. Lorenz, qui permet de comparer directement la résistance mesurée en unités absolues à la colonne mercurielle. Cette comparaison s'effectuant par la méthode de Poggendorff, on n'a qu'à évaluer la distance entre deux points où les contacts sont établis avec la colonne mercurielle, et il n'y a pas à faire de corrections analogues à celles qu'exigent l'entrée et la sortie d'un courant dans une résistance liquide.

En ce qui concerne la permanence des étalons, M. Siemens a fait établir, il y a dix ans, plusieurs reproductions de l'unité mercurielle, afin de vérifier si le verre conserve ses dimensions et peut être employé à la construction d'étalons normaux. Malheureusement un accident survenu dans le laboratoire détruisit tous les types, sauf un seul. Dans sa conviction, le diamètre des tubes de verre est soumis à des modifications, en sorte qu'il ne sera pas possible de construire des étalons pouvant être déposés et conservés intacts. La définition sera le véritable *criterium* auquel on devra toujours se reporter. Le but des travaux à continuer doit être de simplifier autant que possible les procédés par lesquels on pourra faire des mesures exprimées, soit en unités absolues, soit en longueur de colonne de mercure. M. Siemens a rédigé, à cet égard, un mémoire en langue française, qu'il fera parvenir prochainement à la Commission pour être distribué à ses membres.

M. Wild demande s'il ne conviendrait pas de réserver la proposition de M. Helmholtz pour être discutée en séance plénière de la Commission. Cette proposition rentre dans l'étude des moyens d'exécution, et il est possible que des membres ne faisant pas partie de la Sous-Commission désirent exprimer leurs opinions à cet égard.

M. Helmholtz dit qu'il ne s'agit que d'un vœu; au surplus, il ne sera pris de décision que par la Commission entière, et chacun de ses membres aura la liberté de prendre auparavant la parole.

M. Wild pense que, si l'on abandonne aux divers physiciens le soin de continuer leurs recherches sans autres prescriptions, dans dix ans on en sera au même point qu'aujourd'hui; les méthodes se seront améliorées, mais on demandera une précision plus grande, et l'on sera toujours embarrassé pour choisir entre les divers résultats obtenus. Il faudrait établir un Institut international qui procéderait à des recherches définitives, à la suite desquelles on

déterminerait la longueur à attribuer à la colonne mercurielle. Ce serait la solution qui permettrait d'éviter les difficultés résultant du choix à faire entre les divers chiffres, et qui peut-être permettrait d'arriver à la plus grande exactitude possible. Les recherches auraient l'avantage d'être conduites, non pas d'après les idées d'un seul physicien, mais sous le contrôle critique de tous les savants. Tous les membres de la Commission pourraient vérifier la manière dont les travaux sont conduits et se faire une idée nette des conditions des expériences. Ainsi, à moins d'avoir vu les appareils, on ne peut se faire une idée de la précision de leur fonctionnement; les recherches doivent donc être concentrées en un seul et même endroit.

M. Dumas résume la proposition émise par M. Helmholtz, et consulte la Sous-Commission sur l'adoption du vœu suivant dont le texte a été rédigé dans ce sens par M. Mascart :

La Commission exprime le vœu que le gouvernement français prenne les mesures nécessaires pour qu'un même étalon ou plusieurs étalons de résistance soient mis à la disposition des savants qui s'occupent de recherches absolues, afin de rendre les comparaisons plus faciles.

Ce texte est adopté.

M. Helmholtz, abordant un autre ordre d'idées, remarque que la difficulté la plus grande pour toutes ces expériences est de déterminer les dimensions géométriques des spirales employées; cet inconvénient existe, dans la méthode de M. Lorenz aussi bien que dans celle de lord Rayleigh. Il ne semble pas qu'on puisse déterminer les dimensions d'une bobine avec une approximation supérieure à $\frac{1}{1000}$; il faut mesurer chaque couche séparément après l'avoir enroulée avec le plus grand soin; mais cette précaution est insuffisante, car, si le fil possède une petite traction, les couches intérieures sont comprimées très fortement. Il est vraisemblable aussi que le rayon de la substance (bois ou métal) qui forme le noyau de la bobine subit des modifications.

Dans bien des cas, ce n'est pas la surface totale qui figure, mais le rayon moyen; toutefois la connaissance de la surface permet de contrôler si le rayon moyen n'a pas changé.

Il est encore à remarquer que, si l'on arrive, comme dans les expériences de lord Rayleigh, à obtenir un accord à peu près parfait entre les diverses expériences, cette concordance n'exclut pas la possibilité d'une source d'erreur constante. Il est clair, en effet, que, si toutes les bobines employées sont construites de la même manière, les défauts restent à peu près identiques.

M. Lorenz (Danemark) fait observer que pour un solénoïde infini les courants sont indépendants du diamètre. Si le solénoïde a une largeur fixe, la hauteur seule de l'hélice entre dans les formules.

M. Helmholtz reconnaît cet avantage de la méthode de M. Lorenz, mais il faut toujours un grand fil enroulé, qu'il est difficile de poser bien régulièrement sur une hélice. Il pense que l'on doit toujours, au moins à titre de contrôle, déterminer par expérience la surface enveloppée par le courant comme l'a fait M. Kohlrausch.

M. Lorenz ajoute que l'on trace d'avance un pas de vis dans lequel on dispose le fil.

M. Kohlrausch partage l'avis de M. Helmholtz, relativement à l'intérêt qu'il y a à comparer les surfaces à titre de contrôle. Un autre avantage consiste en ce qu'un léger défaut d'isolement entre les couches s'élimine par l'emploi de la méthode empirique.

M. Fr. Weber observe qu'il faut supposer que la distribution des tours est régulière.

M. Helmholtz fait remarquer que cela n'est même pas nécessaire si l'on se sert de la bobine comme boussole des tangentes en comparant cette bobine à un cercle de métal parcouru par un courant beaucoup plus fort, de manière à obtenir la même déviation, on peut dire alors que les rayons moyens sont dans le rapport inverse des courants; on contrôle ainsi les mesures directes.

Répondant à quelques remarques, M. Helmholtz croit que, dans tous les cas, il est bon d'avoir recours à la méthode de contrôle empirique.

M. Fr. Weber dit qu'on arrive à une grande précision en mesurant au cathétomètre les diamètres de toutes les couches.

M. Helmholtz fait remarquer que le diamètre des couches inférieures se trouve modifié par la pression des couches extérieures.

M. Fr. Weber dit que cet inconvénient n'existe pas avec les bobines de forme particulière qu'il a employées. Il décrit en quelques mots ces bobines.

MM. Roiti (Italie) et Helmholtz échangent quelques observations sur les déformations auxquelles sont sujettes les bobines circulaires en bois.

La séance est levée à onze heures et demie.

La Sous-Commission transmettra à la première Commission les résolutions qu'elle a adoptées.

Le Secrétaire,
Henri BECQUEREL.

Le Président,
J.-B. DUMAS.

ANNEXE

AU PROCÈS-VERBAL DE LA DEUXIÈME SÉANCE DE LA SOUS-COMMISSION DES UNITÉS.

NOTE

SUR UNE MODIFICATION DE LA MÉTHODE DE M. LORENZ

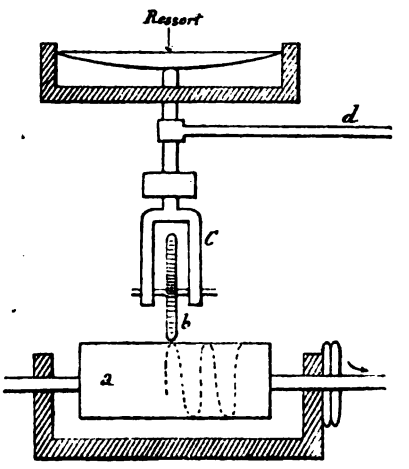
PAR M. WERNER SIEMENS.

Si, dans la méthode de Lorenz, le disque et les ressorts sont faits d'un même métal dur, tel que le platine iridié, et que les fils conducteurs partant de ces ressorts et aboutissant à une enceinte maintenue à une température constante soient formés également de ce métal, il ne pourra se produire aucun courant thermique considérable. On peut, de plus, obtenir une très grande vitesse de rotation sans craindre de produire des rayures, si l'on a soin d'huiler le pourtour du disque, ce que l'on peut faire sans aucun inconvénient. On pourra donc augmenter la vitesse de rotation de manière qu'il suffise d'avoir autour du disque un seul tour du fil, dont il sera facile de déterminer exactement les dimensions. Il est donc possible de déterminer très exactement la vitesse de rotation et de la régler. La méthode de Lorenz offre tous les moyens de déterminer la mesure absolue de la résistance, d'une manière très simple et avec une précision presque illimitée. Il est facile d'arriver à régler exactement et à déterminer la vitesse de rotation; on pourra même faire cette opération avec une exactitude chronométrique.

La méthode la plus simple sera d'imprimer le mouvement de rotation au disque au moyen d'un rouage à poids. C'est ainsi que je l'ai fait à plusieurs reprises dans la détermination de la vitesse des projectiles dans le canon d'une arme et pour la propagation de l'électricité dans les conducteurs; de cette manière on peut facilement arriver à une vitesse de rotation de 100 tours par seconde. Elle est communiquée à un compteur et peut, au moyen d'un régulateur approprié à cet usage, être réglée pendant toute la marche de manière que le compteur indique un mouvement analogue à celui d'une bonne horloge. Sans imposer au mouvement d'horlogerie un travail gênant son fonctionnement, on peut régler le rouage ou un autre moteur quelconque de façon que la vitesse de rotation du disque corresponde exactement à celle de l'horloge. Si l'on combine le mécanisme de l'horloge avec une roue destinée à avoir la

même vitesse de rotation que le rouage du disque, de manière a avoir un mécanisme différentiel, on obtient un mouvement dans un sens ou dans l'autre lorsqu'il y a une différence de vitesse. Si l'on utilisait directement ce mouvement pour le réglage des rouages, on imposerait un travail trop dur au mouvement d'horlogerie et l'on ferait varier sa marche.

On doit donc intercaler un mécanisme auxiliaire qui, sans exiger une grande force, est actionné par le mouvement différentiel, et utilise pour son propre réglage la force du rouage que l'on veut régler. On y arrive d'une manière très simple en disposant le cylindre *a* auquel le rouage communique une vitesse voulue, de façon qu'il puisse se déplacer sur ces supports, dans le sens de l'axe. Sur la surface du cylindre roule un disque *b* arrondi sur son pourtour, et dont l'axe repose sur un étrier métallique *c*; cet étrier *c* est mobile et est pressé contre le cylindre en rotation au moyen d'un fort ressort. Tant que l'axe du disque est exactement parallèle à celui du cylindre en mouvement, ce disque trace un cercle sur la surface de ce cylindre et ne lui imprime aucun déplacement. Mais, dès quel e disque est tant soit peu tourné au moyen d'ungrand levier *d*, il décrit une hélice sur le cylindre, et celui-ci est forcé de se déplacer, puisque le disque ne peut changer de position. Si la pression est considérable, et que la surface du cylindre ne soit pas graissée, le déplacement se fait avec une grande énergie, tandis que le disque qui l'a provoqué par sa position oblique n'a besoin que d'une force très faible pour tourner, car les points de contact sont situés sur l'axe; le frottement n'a donc pas de bras de levier. Si le mouvement différentiel vient à faire tourner le disque par l'intermédiaire du levier *d*, le plus petit écart de vitesse entre celle du rouage et celle de l'horloge fera pivoter le disque et déplacera le cylindre et cela durera jusqu'à ce que les vitesses soient parfaitement égales et que l'axe du disque redevienne parallèle à celui du cylindre. Si le mécanisme de réglage est relié au déplacement de l'axe et que, par exemple, le cylindre poussé d'un côté presse davantage un des ressorts qui appuient contre un des disques du rouage qui a une grande vitesse, et s'oppose davantage à son mouvement, il faut que cette pression devienne et reste assez grande pour que les vitesses du rouage et du chronomètre soient *complètement* les mêmes.



Il est hors de doute que l'on peut ainsi déterminer et régler la vitesse de rotation avec une grande exactitude de même que toute autre mesure.

Ceci admis, la méthode de Lorenz a de grands avantages sur toutes les autres pour la détermination de l'ohm. L'emploi de galvanomètres très sensibles permettant de signaler la présence de courants excessivement faibles, on peut donc faire des mesures très exactes avec un champ magnétique très faible. Il suffira d'avoir un seul tour de fil dans le plan du disque de rotation dont les dimensions peuvent être très exactement déterminées, ainsi que l'a démontré M. Kohlrausch.

La méthode a encore un très grand avantage, c'est qu'on détermine directement

la résistance en mercure qui est égale à un ohm, et que cette détermination est indépendante des résistances de transitions en mercure, par ce que, dans les fils introduits dans la colonne de mercure, il n'y a pas de courant électrique.

En modifiant la méthode de Lorenz d'une manière convenable on pourrait comparer la force électromotrice qui se produit dans un disque métallique tournant sous l'influence d'un courant avec celle d'une autre source et d'après la méthode de compensation de Poggendorff.

PREMIÈRE COMMISSION.

UNITÉS ÉLECTRIQUES PROPREMENT DITES.

DEUXIÈME SÉANCE.

(SAMEDI 21 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. J.-B. DUMAS.

La séance est ouverte à neuf heures quarante-cinq minutes.

Sont présents :

MM. Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Ludewig, Militzer, Fröhlich, le colonel Mansilla, Rousseau, Gérard, Évrard, Van der Mensbrugghe, Macartney, Tching-Tchang, Triana, Somzée, Lorenz, Hoffmeyer, Montenegro, Urêna y Velasco, Dumas, Bergon, Blavier, Sir W. Thomson, Argyropoulo, Médina, Roiti, Ferrabis, Pisati, H. Becquerel, Diaz Covarrubias, Baille, Broch, Bosscha, d'Azevedo, Silva, d'Almeda, Pherekyde, Bacaloglo, Robesco, Lenz, Wild, Raynaud, Nystrom, Fr. Weber.

M. H. Becquerel donne lecture des résolutions adoptées par la Sous-Commission.

PREMIÈRE RÉSOLUTION.

La Commission considère que les déterminations faites jusqu'à présent n'offrent pas encore le degré de concordance qui serait nécessaire pour fixer la valeur numérique de l'Ohm en colonne mercurielle.

Elle estime donc qu'il y a lieu de poursuivre les recherches.

Sans pouvoir émettre un avis motivé sur les différentes méthodes qui n'ont pas encore reçu le contrôle de l'expérience, elle considère les suivantes comme particulièrement propres à donner des résultats très exacts.

1° Induction d'un courant sur un circuit fermé (Kirchhoff).

2° *Induction par terre (W. Weber).*

3° *Amortissement des aimants mobiles (W. Weber).*

4° *Appareil de l'Association Britannique.*

5° *Méthodes de M. Lorenz.*

D'autre part il est désirable de déterminer à nouveau la quantité de chaleur dégagée par un courant d'intensité connue; cette expérience servira en même temps de contrôle pour la valeur de l'Ohm, et permettra de connaître plus exactement l'équivalent mécanique de la chaleur.

SECONDE RÉSOLUTION.

La Commission exprime le vœu que le Gouvernement français prenne les mesures nécessaires pour qu'un même étalon, ou plusieurs étalons de résistance soient mis à la disposition des savants qui s'occupent de recherches absolues, afin de rendre les comparaisons plus faciles.

Tous les paragraphes de ce texte sont successivement adoptés sans observations.

L'ensemble des résolutions est mis aux voix et adopté par la Commission à l'unanimité des membres présents.

M. Nyström (Suède) dit qu'il croit le moment venu de reprendre la proposition qu'il a formulée dans la première séance de la Commission, et donne lecture d'une note qu'il a rédigée dans ce sens.

M. Dumas fait remarquer que la Commission a été réunie, avec la mission bien définie de s'occuper de la détermination de la longueur de la colonne mercurielle qui devra représenter l'Ohm; il est impossible à la Commission de discuter aucune proposition qui s'écarterait de ce programme. La note de M. Nyström sera annexée au procès-verbal de la séance.

M. Wiedemann (Allemagne) dit que la Sous-Commission ne s'est pas occupée d'une question qui a une grande importance, à savoir, la purification du mercure.

On a souvent eu recours à la distillation pour purifier le mercure. Mais cette opération n'est pas suffisante. Même en distillant dans le vide, on ne peut empêcher de petites quantités de sodium et de zinc de passer dans le récipient. La présence de métaux étrangers peut donner de grandes différences dans la conductibilité du mercure. Des expériences ont été faites à cet égard, d'abord par M. Siemens, et, en 1862, par M. Matthiessen. Si le mercure contient $\frac{1}{10000}$ de zinc sa conductibilité augmente de 1 à 2 millièmes, et, si

la proportion de zinc est seulement de $\frac{5}{10000}$, l'augmentation dans la conductibilité est de 1 centième.

Dans sa dernière note, lord Rayleigh ne donne aucune explication sur ce point. Dans le compte rendu de ses travaux, M. Siemens a appelé l'attention sur ces difficultés, mais il n'en a pas parlé d'une façon assez étendue. En 1878, MM. Knott et Mac Gregor, qui travaillaient chez M. Tait, à Édimbourg, ont étudié par expérience les variations de conductibilité des alliages, avec la température, et ont montré que leur coefficient de variation est plus petit que celui des métaux. Parmi les alliages de platine-iridium, celui qui contient 15 p. o/o d'iridium présente le coefficient le plus petit. On a obtenu entre autres les résultats suivants.

Alliage de platine contenant	6 p. o/o	d'iridum.....	0.000 145
———————	10 p. o/o	d'iridium.....	0.000 117
———————	15 p. o/o	d'iridium.....	0.000 078

Il serait possible que, plus un alliage est dur, moins sa conductibilité varie avec la température.

M. Broch (Norvège) dit qu'il ne faut accepter que sous réserves les résultats des anciennes expériences; car les métaux qu'on donnait comme purs jusqu'à ces dernières années contenaient encore des traces de métaux qui accompagnent le platine dans son minerai. C'est seulement dans ces dernières années qu'on est parvenu à préparer industriellement le platine et l'iridium à l'état de pureté parfaite notamment dans la grande usine de MM. Johnson Mathey et Cie de Londres. M. H. Sainte-Claire Deville a fait fabriquer un kilogramme d'un alliage contenant 20 p. o/o d'iridium, et qui possède une dureté extrêmement considérable. Cet alliage est très coûteux, le prix du kilogramme d'iridium pur étant environ de 25,000 francs, mais cette considération est secondaire, lorsqu'il s'agit de la construction de prototypes.

M. Dumas est d'avis qu'en dehors de la question de dépense, une autre raison serait de nature à faire choisir un alliage moins riche en iridium.

En effet, l'alliage à 10 p. o/o, celui qui est destiné à la fabrication du mètre et du kilogramme s'étire assez difficilement en fils de 2 millimètres ou de 1 millimètre; après ce premier étirage, on peut étirer le fil à toute finesse. Si l'on prend l'alliage à 20 p. o/o, il est à craindre que le premier étirage ne présente des difficultés insurmontables. On devrait donc préférer l'alliage à 10 p. o/o, qui diffère très peu du précédent comme conductibilité, et serait employé à la fois pour la construction des étalons de longueur, de masse et de résistance électrique.

En ce qui concerne la purification du mercure, M. Dumas a songé à préparer une instruction pouvant servir de guide. Les nombreuses expériences faites depuis six ans dans son laboratoire l'ont conduit aux mêmes conclusions

que M. Wiedemann, relativement au peu d'efficacité de la distillation; les métaux oxydables ne peuvent être éliminés que par voie chimique.

M. Somzée (Costa-Rica), dit qu'il n'y a pas seulement à tenir compte de la pureté du mercure, mais aussi des conditions dans lesquelles il est renfermé et mis en contact avec les index en platine. Il lui est arrivé en expérimentant un dialyseur à grisou de chercher pendant plusieurs heures à se rendre compte d'un défaut de fonctionnement alors que l'index en platine pénétrait manifestement dans le ménisque.

Il a fini par reconnaître que des poussières impalpables empêchaient le contact et la fermeture du circuit, et il a constaté que le même effet pouvait se produire par une simple buée déposée sur la surface mercurielle.

Il lui paraît important de tenir compte de ces causes perturbatrices dans la construction de l'ohm-étalon.

M. Dumas dit qu'il sera tenu compte de cette observation.

M. Roiti (Italie) demande quel sera le criterium auquel on reconnaîtra que le mercure est amené à l'état de pureté exigé. On ne peut songer à adopter comme moyen de vérification la mesure du poids spécifique, car des traces de métaux étrangers suffisent pour produire des variations de conductibilité notables.

M. Dumas dit que les quantités de substances à déceler sont tellement minimes qu'on ne peut songer non plus à l'analyse chimique. Il faut faire subir au mercure un traitement tel qu'on puisse affirmer que toutes les matières dont on veut se débarrasser ont été éliminées. Ce traitement comprend deux parties : 1° en ce qui concerne les métaux plus oxydables que le mercure : on est sûr de les faire disparaître en réitérant à diverses reprises l'action de substances oxydantes sur le mercure très divisé; 2° les métaux qui subsistent après cette opération, c'est-à-dire l'or et l'argent, ont un point d'ébullition tellement éloigné de celui du mercure qu'une distillation lente, au besoin dans le vide, répétée plusieurs fois, doit forcément les séparer. On a tout lieu de croire qu'après avoir exécuté avec le plus grand soin ces deux genres d'opérations, on a amené le mercure au plus grand état de pureté que les chimistes puissent se croire en état de réaliser.

Cependant, quand il s'agit de préparer quelques kilogrammes de mercure seulement, mieux vaut l'extraire directement d'une de ses combinaisons amenée à l'état de pureté chimique. Il vaut mieux obtenir un métal pur que de chercher à purifier un métal impur.

M. Roiti demande s'il n'est pas possible que ce traitement introduise dans le métal une certaine quantité d'oxydes.

M. Dumas répond qu'à la rigueur une distillation dans l'hydrogène suffirait pour les réduire.

M. Wiedemann (Allemagne) dit qu'on a trouvé que les traces d'oxydes ne changent pas sensiblement la conductibilité du mercure.

M. Roiti demande quelles sont les meilleures électrodes pour introduire le courant dans le mercure. Il ne semble pas convenable d'employer le platine, car, lorsqu'on introduit l'électrode de platine, elle entraîne à sa surface la première couche de mercure qui n'est pas identique avec les autres et forme une sorte de gaine autour du platine; il peut en résulter des variations de résistance. Il serait peut-être préférable d'employer un métal qui s'allie au mercure; dans ce cas, on introduit dans le mercure une certaine quantité d'amalgame, mais cet inconvénient peut-être diminué en donnant aux godets une section suffisante. Il serait utile de consulter la Commission pour savoir si elle croit préférable d'employer le platine ou un métal qui s'amalgame.

M. Bosscha (Pays-Bas) dit qu'il est impossible d'obtenir avec le platine des résultats présentant une constance suffisante; il faut employer un métal attaquable; la pureté du mercure est ainsi altérée, mais cette source d'erreur est inévitable.

En ce qui concerne la purification du mercure, il faut se rappeler que, sur la proposition de M. Helmholtz, la Sous-Commission a établi une distinction entre la précision à obtenir pour l'industrie et celle que réclame la science. L'industrie a besoin d'avoir, dans un délai rapproché, un terme de comparaison invariable, qui serait un étalon donnant la valeur de l'ohm avec une approximation de $\frac{1}{1000}$; quant aux recherches scientifiques, elles pourraient se continuer indéfiniment. En se plaçant à ce point de vue, il faut se contenter, pour la purification du mercure, d'avoir recours à des précautions d'ordre tel qu'on puisse certifier que la présence des matières étrangères est incapable d'influer sur l'exactitude de l'ohm évalué avec une approximation de $\frac{1}{1000}$.

M. Dumas rappelle que la Sous-Commission s'était associée à l'opinion de M. Helmholtz, et pense que la Commission pourrait adopter dans ce sens une résolution qui serait ajoutée aux résolutions adoptées au début de la séance.

La proposition de M. Helmholtz, reprise et développée par M. Bosscha, est mise aux voix et adoptée à l'unanimité.

La Commission est d'avis qu'au moment où les résultats des diverses recherches présenteront une concordance permettant de répondre d'une approximation de $\frac{1}{1000}$, il conviendra de s'arrêter à cette approximation pour fixer la valeur de l'étalon pratique de résistance.

M. H. Becquerel demande quelles précautions on prend pour mesurer les diamètres des colonnes mercurielles dont on étudie la résistance, et si l'on a bien constaté la proportion inverse des résistances électriques et des sections.

Lorsqu'on cherche à déterminer la conductibilité de divers liquides mouillant le verre et renfermés dans des tubes capillaires, on observe que les résistances ne varient pas comme les sections. Ce fait pourrait tenir à ce que la couche liquide qui adhère par capillarité aux parois du tube a une conductibilité plus grande que le reste de la masse liquide. Cette augmentation de la conductibilité des couches liquides adhérant aux surfaces des vases paraît la cause des phénomènes de réduction que l'on observe dans les fissures d'une lame de verre qui sépare deux dissolutions capables de réagir chimiquement l'une sur l'autre. M. H. Becquerel rappelle ces phénomènes pour appeler l'attention sur les effets de capillarité qui s'exercent entre le mercure et le verre, et il demande si l'on a constaté leur influence dans la mesure de la résistance d'une colonne de mercure renfermée dans un tube très étroit.

M. Helmholtz répond que M. Siemens a toujours trouvé la plus grande concordance entre les mesures effectuées dans des colonnes mercurielles dont le diamètre variait entre 1 et 2 millimètres. Cependant il peut se présenter des conditions où il conviendrait de s'assurer si les phénomènes capillaires n'ont aucune influence.

M. Bosscha pense qu'en prenant les précautions convenables pour nettoyer et dessécher le tube et le remplir dans le vide, on n'a à craindre aucune influence particulière des parois. M. Rink, à Delft, a fait des mesures de comparaison dans différents tubes et a trouvé des résultats concordants à $\frac{1}{7000}$ près avec les valeurs qu'on déduit des dimensions géométriques des tubes. Ses expériences l'ont conduit, pour la loi de variation avec la température, à la formule même qu'on peut déduire des expériences de M. Siemens.

M. Wild (Russie) donne lecture de la proposition suivante signée d'un certain nombre de ses collègues :

D'après l'invitation du Gouvernement français, conformément aux vœux émis par le Congrès des électriciens, notre Commission internationale a été constituée pour déterminer par de nouvelles recherches, pour la pratique, la longueur de la colonne de mercure d'un millimètre carré de section qui à la température de zéro représentera la valeur de l'ohm.

Sans doute le Congrès des électriciens, en prenant cette décision, espérait que de cette manière on parviendrait a établir le plus tôt possible un étalon international de résistance qui servirait dans tous les pays comme unité pour la pratique, et il reconnaissait en même temps que les déterminations actuelles

de l'ohm ne suffiraient pas à la fixation de cette unité, ainsi qu'une Commission internationale devrait la déterminer par de nouvelles expériences.

En vérité, d'après l'opinion émise par votre Sous-Commission, les résultats des expériences faites jusqu'à présent pour déterminer la valeur de l'ohm diffèrent encore trop pour qu'on puisse dès à présent en déduire d'une manière suffisante pour la pratique la longueur d'une colonne de mercure d'un millimètre carré de section représentant cette unité de résistance, et l'on doit donc procéder à de nouvelles expériences d'après plusieurs méthodes indiquées dans le rapport de la sous-commission.

En nous demandant quelle serait, à l'égard de cette opinion de la Sous-Commission le meilleur procédé pour accomplir la tâche de la Commission actuelle, nous avons trouvé qu'en réservant ces nouvelles recherches seulement à l'étude privée des savants des différents pays, comme quelques membres de la Commission le pensent, la science fera sans doute beaucoup de progrès dans cette direction, mais le but pratique d'une unification ne sera pas atteint. Une nouvelle Commission, qui se réunirait à l'avenir, se trouverait, d'après nous, vis-à-vis du même embarras. Les discordances entre les résultats des différentes recherches seront probablement moindres, mais les exigences de la pratique auront de même augmenté en attendant. Aussi la grande difficulté de préférer les uns des résultats obtenus aux autres sans connaître tous les détails des instruments et opérations et sans risquer des iniquités resterait tout à fait le même.

Par contre, nous sommes convaincus que, tout en invitant les savants à continuer leurs précieuses recherches dans cette direction, en décidant l'établissement dès à présent d'un laboraroire international qui sera chargé plus tard de faire des expériences sur l'ohm selon les meilleures méthodes et d'après les indications et sous le contrôle d'un comité exécutif international, la tâche imposée à notre Commission sera atteinte de la manière la plus satisfaisante. Non seulement un tel laboratoire pourrait être construit d'après toutes les exigences quant aux locaux et à l'emplacement et disposer plus à l'aise des instruments les plus perfectionnés, mais aussi les résultats de ces travaux seraient plus uniformes, dépourvus de caractère individuel, et se prêteraient en tout cas, de fait et par la possibilité d'inspection personnelle par tous les membres du Comité, à une critique efficace, rigoureuse et sans gêne. De plus, ce laboratoire international serait l'endroit le plus convenable pour le dépôt de l'étalon de résistance, pour ses vérifications périodiques et pour la comparaison des copies à distribuer, ainsi que pour la vérification des constantes des appareils dont on fera usage dans les expériences de grande précision.

La nécessité de conclure une convention entre les différents États pour la fondation et l'entretien d'un tel laboratoire international et de plus la construction elle-même du bâtiment pour ce laboratoire demanderait au moins deux

années; ainsi, en attendant, les savants des différents pays auront tout le loisir pour étudier les méthodes et apporter plus tard le fruit de leurs recherches comme contribution au travail à exécuter en commun.

Pour faciliter la fondation de ce laboratoire international et pour en diminuer les frais annuels d'entretien il conviendrait de l'annexer au bureau international des poids et mesures déjà existant à Paris en le soumettant toujours à un comité international d'électriciens. Dans ce bureau on trouverait non seulement les unités adoptées de longueur et de masse mais aussi les moyens les plus exacts pour les mesures fondamentales basées sur ces unités et d'autres accessoires utiles. De plus, l'emplacement de ce bureau remplit toutes les conditions de tranquillité, etc., à demander pour le laboratoire électrique.

Nous proposons donc d'inviter les savants des différents pays à continuer leurs recherches sur la détermination matérielle de l'ohm et de recommander en même temps aux gouvernements de prêter leur appui aux recherches dans leur pays et de fonder un laboratoire électrique international en connexion avec le bureau international des poids et mesures à Paris et d'accompagner cette recommandation d'un projet d'une convention que notre Commission aurait à élaborer sans retard.

Signé : R. Lenz, D. Militzer, H. Wild,
H. Fr. Weber, J. Frohlich, L. Lorenz,
N. Hoffmeyer.

M. Helmholtz rappelle que cette question a déjà été traitée par la Sous-Commission, qui a été d'avis que la limite d'exactitude à laquelle on s'est arrêté pouvait être atteinte isolément par les savants des divers pays qui se sont occupés de la détermination de l'ohm ou qui pourront entreprendre des recherches dans ce sens. Bien que la précision demandée paraisse déjà atteinte par lord Rayleigh, ses résultats diffèrent encore de ceux que M. Fr. Weber a obtenus et publiera prochainement; c'est pour lever les difficultés de ce genre et faire disparaître ces écarts, qu'on a proposé de procéder à la comparaison des étalons et d'inviter les gouvernements à faciliter de nouveaux essais à leurs nationaux. En considérant les progrès accomplis depuis le congrès, il y a lieu d'espérer qu'on arrivera à atteindre cette limite considérée comme suffisante dans la pratique industrielle. Dans cet état de la question, il paraît trop prématuré d'inviter les gouvernements à se charger d'une entreprise pour laquelle on n'aurait aucun plan arrêté à proposer. Il ne faut pas oublier que la question nécessite une entente préalable des gouvernements. On peut d'ailleurs se demander si le nombre des travaux à exécuter dans un tel laboratoire et leur importance seraient tels qu'ils ne pussent être exécutés séparément dans chaque État ou avec une petite extension de la Commission des unités. En ce qui concerne la comparaison des étalons, le travail n'est pas considérable. La ques-

tion soulevée par M. Wild n'est pas suffisamment définie; on n'est pas actuellement en état de faire un plan quelconque, ni de répondre aux questions les plus simples sur la grandeur et la disposition des constructions, les dépenses à faire, etc.

Pour les savants qui se sont occupés des recherches jusqu'à ce jour, ce serait une gêne d'apprendre la fondation d'un grand institut où l'on ferait les mêmes investigations avec des moyens beaucoup plus précis. Il vaut mieux laisser la voie libre aux savants qui ont entrepris des travaux ou s'y préparent que de confier la solution du problème à des personnes attachées officiellement à un tel bureau; c'est le meilleur moyen d'obtenir les vérifications nécessaires. Lorsque la question aura été amenée à ce point qu'il ne s'agira plus que d'un travail mécanique de comparaison, le temps sera venu d'examiner une telle proposition et de recommander officiellement, si on le juge nécessaire, l'adoption d'une telle mesure. Actuellement, une décision prise dans ce sens contredirait celles qui ont été précédemment votées par la Commission.

M. Dumas. Lorsqu'on s'est occupé d'étendre à tous les pays les mesures métriques, on a compris que la première question à résoudre était de savoir s'il y avait lieu de prendre pour base les prototypes anciens : le mètre et le kilogramme construits par les anciens membres de l'Académie des sciences de Paris. La Conférence internationale du mètre a d'abord décidé ce point que le *mètre* et le *kilogramme* des Archives seraient les prototypes, et c'est seulement après cette décision fondamentale que le Laboratoire international de Breteuil a été créé pour un objet bien précis et avec un but bien défini.

Le Laboratoire de Breteuil n'est pas chargé de perfectionner indéfiniment le mètre et le kilogramme; sa mission est de contrôler les copies les meilleures des prototypes. Il rentrerait, au contraire, dans ses attributions, et il resterait conforme à la pensée qui a présidé à sa formation, s'il était chargé de vérifier les étalons de mesures électriques, en contrôlant les copies de l'étalon pratique, lorsqu'il sera définitivement adopté.

Ce serait autre chose s'il fallait l'organiser en vue de poursuivre indéfiniment le perfectionnement des unités électriques. La question est du domaine de la science; il faut laisser la science dans sa liberté, il faut laisser le génie particulier de chaque savant mettre en œuvre toutes ses ressources propres; c'est ainsi que, dans la poursuite de la vérité, on s'approche de plus en plus de la vérité réelle. Un Laboratoire officiel convient pour les travaux de précision; mais, s'il s'agit d'invention, il ne suffit plus, car rien ne remplace, à cet égard, la mission remplie par tout le monde.

Le Laboratoire de Breteuil perdrait son caractère s'il devenait un établissement scientifique de recherches spéculatives.

M. Wild croit que l'on peut interpréter d'une manière un peu différente la

pensée qui a présidé à la création de l'établissement de Breteuil. D'après les considérations qui accompagnent la formation de la Commission du mètre, il s'agissait non de faire de simples copies, mais d'une réforme du mètre et du kilogramme pour les représenter plus exactement qu'on ne l'avait fait jusqu'ici et pour choisir une matière plus inaltérable; on sait quels longs travaux a exigé le choix de la matière des étalons.

On a substitué un mètre à traits au mètre à bouts; on a ainsi créé un nouveau mètre, un nouveau kilogramme que le Laboratoire est chargé de copier, en même temps qu'il doit développer la science de la *métrologie*. Par la collaboration des membres de tous les pays aux membres du Comité international des poids et mesures préposés au bureau de Breteuil, la thermométrie a, depuis, fait de grands progrès, l'art de peser, l'art de mesurer les dilatations, y ont atteint une perfection qui a de beaucoup dépassé tout ce qu'on a fait jusqu'à présent dans cette direction. Si l'on créait un établissement électrique analogue, non seulement on y ferait des copies, mais, en y installant les méthodes déjà étudiées, on les développerait et on les amènerait à une plus grande perfection.

Telles sont les considérations qui ont guidé les signataires de la proposition, lesquels n'ont jamais eu la pensée de porter préjudice aux recherches des divers savants.

Sir W. Thomson. Les remarques qui viennent d'être faites ont la plus grande importance. Tous les objets qui ont été indiqués doivent attirer l'attention et éveiller la sollicitude des gouvernements, qui devront, pour les expériences, créer des établissements locaux. La seule proposition que l'on puisse faire à présent est d'inviter les gouvernements à créer des installations dans leurs pays pour la comparaison et la conservation des étalons électriques. Avant de constituer une installation centrale pour faire des copies de l'étalon, il faut que cet étalon lui-même soit fixé.

M. Boch rappelle que les idées exprimées dans la proposition de M. Wild ont déjà été émises au congrès de 1881, et ont motivé une réserve de la part de M. Förster. Il est partisan du fond de la proposition, mais il croit que le temps n'est pas encore venu d'y donner suite, et qu'il faut attendre le moment où l'on aura fixé la valeur de l'ohm.

Les mêmes circonstances se sont présentées pour le choix du kilogramme, au moment où plusieurs savants s'occupaient de déterminer le rapport entre le kilogramme et le poids d'un décimètre cube d'eau. Cependant on a adopté le kilogramme des Archives, et l'on a construit une mesure en platine aussi voisine que possible du prototype. Il en sera de même lorsqu'on aura fixé la valeur pratique de l'ohm, alors il sera nécessaire d'avoir un établissement pour comparer et produire des étalons. Mais le moment n'est pas encore venu de son-

ger à continuer indéfiniment la comparaison entre le prototype qui sera fixé et l'ohm théorique.

Quant au Bureau international des poids et mesures, il va être très prochainement occupé à comparer les mètres et les kilogrammes. Ce travail peut durer environ deux ans; pendant ce temps, la réunion des savants aura eu le temps de fixer la valeur de l'unité de résistance avec l'approximation désirable, et le bureau sera alors tout prêt à se charger des comparaisons.

M. Lenz fait observer que l'on va ainsi perdre deux années.

M. Dumas répond que l'on ne saurait établir un bureau pour faire des comparaisons avec un prototype qui n'existe pas.

M. Lorenz pense qu'il n'y a pas d'analogie entre les mesures de longueur et les mesures de résistance électrique. Les premières sont construites; en fixant une approximation arbitraire, pour les secondes, on s'écarte du système absolu et l'on aura deux unités en présence, l'une conforme à une loi d'État, et l'autre conforme à une loi naturelle. On devrait définir la résistance électrique par une vitesse.

M. Helmholtz rappelle qu'il a déjà dit que la méthode de M. Lorenz pourrait peut-être permettre d'avoir une approximation supérieure à $\frac{1}{1000}$, et si cela était démontré aujourd'hui, la Commission n'hésiterait pas à l'accepter. Si d'ici à la réunion prochaine on peut réaliser l'approximation de $\frac{1}{10.000}$, ce sera un grand avantage; mais comme il y aura toujours possibilité d'aller plus loin, il est essentiel que l'on fixe un étalon qui, comme le kilogramme, sera définitif. Autre chose sera de faire les mesures en unités absolues; cependant il espère que l'approximation sera suffisante pour que toute correction soit négligeable dans les applications industrielles.

M. Dumas. Au commencement du siècle, le Bureau des longitudes faisait des copies du kilogramme à 1 milligramme près. Aujourd'hui, la Commission mixte reproduit les copies du kilogramme des archives à $\frac{1}{100}$ de milligramme près. L'approximation est de $\frac{1}{100,000,000}$. Que feront nos petits-enfants? Nous ne pouvons le prévoir. Pour l'unité de résistance électrique comme pour le kilogramme, il faut se borner à faire les copies les meilleures possibles.

M. Broch. On fera entre l'étalon et l'unité la même distinction qu'entre le litre et le décimètre cube. Le litre est le volume d'eau du poids de 1 kilogramme, et n'est pas exactement égal au décimètre cube. Dans la pratique la correction est négligeable.

M. Wild observe que le désaccord qui s'est élevé au sujet de sa proposition

paraît uniquement porter sur la question de temps. On est convaincu qu'il faudra y donner suite dans deux ou trois ans au plus. Or, pour créer l'Institut dont il est question, il faut au moins deux ou trois ans, c'est-à-dire le temps que l'on demande pour être en mesure de fixer l'étalon. En s'en occupant dès maintenant, le laboratoire serait prêt à fonctionner aussitôt que l'étalon sera fixé. Cet établissement pourrait se borner aux expériences de comparaison avec le prototype; mais tous les savants sont d'accord pour dire qu'il n'y a pas d'étalon permanent de résistance; il faut donc faire de temps en temps des vérifications qui exigeront que le laboratoire soit muni d'appareils convenables, et à l'installation desquels il faut penser aussitôt que possible.

M. Kohlrausch dit, que d'un côté, on n'a pas encore constaté qu'il soit possible de mesurer avec la précision suffisante une résistance en unités absolues; or si, d'un autre côté, on reconnaît qu'il est impossible d'avoir un étalon, la création de l'Institut en question serait inutile.

M. Bosscha pense, comme plusieurs membres, que la discussion de la question même doit être ajournée, car rien n'indique que l'on ne puisse arriver à conclure qu'il n'y a pas lieu d'établir de prototype, et que, par exemple, on n'ait qu'à se servir d'une méthode analogue à celle de M. Lorenz pour reproduire l'ohm en mesurant une vitesse.

M. Militzer demande où se feront les étalons qui doivent circuler dans les laboratoires scientifiques des divers pays, pour les comparaisons. Il semble tout indiqué que ce soit le Bureau central des poids et mesures, qui dispose de platine et d'iridium. Il faudrait qu'au départ et au retour les étalons soient l'objet de vérifications très précises pour constater leur permanence pendant le voyage.

M. Dumas fait observer que ces questions sont très complexes, et que la Commission n'a pas la mission de les trancher; il faut une entente entre les divers États. Il serait nécessaire, avant de prendre une résolution, d'être éclairé sur les intentions des divers Gouvernements. Le Gouvernement français n'a aucune autorité pour s'adresser au Bureau international des poids et mesures. Cet établissement, malgré les grands efforts de la section française du mètre, n'a pu fournir encore le mètre et le kilogramme aux États faisant partie de la Convention, et il ne conviendrait peut-être pas de le charger maintenant d'un nouveau travail. Tout en prenant en considération la proposition de M. Wild, il pense que toute résolution sur ce point doit être ajournée.

La Commission est consultée sur l'ajournement, qui est voté à une grande majorité.

M. Évrard ajoute qu'il serait nécessaire que dès maintenant les divers délégués saisissent de la question les Gouvernements qu'ils représentent.

La séance est levée à onze heures quarante minutes.

Le Président,

J.-B. DUMAS.

Les Secrétaires,

Henri BECQUEREL, E. GÉRARD.

BIBLIOGRAPHIE

RELATIVE

À LA DÉTERMINATION DE L'OHM

ET

A LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE DU MERCURE ET DES ALLIAGES,

PAR G. WIEDEMANN.

(Annexe aux procès-verbaux de la première Commission.)

WILHELM WEBER. *Electrodynamische Maasbestimmungen, insbesondere Widerstandsbestimmungen.* Abhandlungen der Kgl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, I, p. 197-381; 1847.

WILHELM WEBER. *Zur Galvanometrie.* Abhandlungen de K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 10, p. 1-96; 1862.

Reports of the Committee of the British Association. On standards of electrical resistance. Provisional Report, 1862, p. 125-163; Reports, 1863, p. 111-176; 1864, p. 345-367; 1865, p. 308-313; 1867, p. 474-521; 1870, p. 14-16 (aussi réunis dans un volume); Interim Report, 1881.

(L'appendice 6 du Report de 1864, p. 512-523, contient:

J. P. JOULE, *Determination of the dynamical eqaivalent of heat from the thermal effect of electric currents.*)

FLEEMING JENKIN. *Ueber die neue von der British Association adoptirte electrische Widerstandseinheit.* Pogg. Ann. 126, p. 369-387; 1865.

J. MATTHIESSEN. *Ueber den specifischen Leitungswiderstand der Metalle, bezogen auf die von der British Association angenommene Widerstandseinheint nebst einigen Bemerkungen über die Quecksilbereinheit.* Pogg. Ann. 125, p. 497-509; 1865; Phil. Mag. (4) 29, p. 361-370, 1865.

WERNER SIEMENS. *Zur Frage der Widerstandseinheit.* Pogg. Ann. 127, p. 327-344, 1866; Phil. Mag. (4) 31, p. 325.

J. MATTHIESSEN. *Bemerkungen zu Dr. Siemens' Abhandlung « Zur Frage der Widerstandseinheit.* Pogg. Ann. 129, p. 161-167, 1866; auch Phil. Mag. (4) 31, p. 376-380; 1866.

FLEEMING JENKIN. *Reply to Dr. Werner Siemens's Paper on the question of the unit of electrical resistance.* Phil. Mag. (4) 32, p. 161; 1866.

F. KOHLRAUSCH. *Bestimmung der Siemens'schen Widerstandseinheit nach absolutem Maasse Gœttinger Nachrichten,* 1870; 23 nov. p. 513-524; in extenso sous le titre :

Zurückführung der Siemens'schen galvanischen Widerstandseinheit auf absolutes Maass. Pogg. Ann. Ergänzungsband 6, p. 1-35; 1873.

HERMANN SIEMENS. *Verhältniss des Ohmad zur Siemens'schen Quecksilbereinheit.* Pogg. Ann. 148, p. 155-161; 1873.

L. LORENZ. *Der electrische Leitungswiderstand des Quecksilbers in absolutem Maasse.* Pogg. Ann. 149, p. 251-269; 1873.

FRIEDRICH WEBER. *Absolute electrometrische und calorimetrische Messungen.* Zürich, Zürcher und Furrer, 1877, 50 pp.

HENRY A. ROWLAND. *Research on the absolute unit of electrical resistance Sillimann's Journal* (3) 15, p. 281-291, 325-336, 430-439; 1878.

WILHELM WEBER und F. ZÖLLNER. *Ueber Einrichtungen zum Gebrauche absoluter Maasse in der Electrodynamik mit praktischer Anwendung.* Berichte der K. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften, 1880, p. 77-143.

G. CAREY FOSTER. *Account of preliminary experiments on the determination of electrical resistance in absolute measure.* The electrician 7, p. 266-267, 1881. Report of the British Association (Interim Report of the Committee for constructing and issuing practical Standards for use in electrical masurements), 1881. Append. I.

G. LIPPMANN. *Méthode expérimentale pour la détermination de l'Ohm.* Compt. rend. 93, p. 713-716; 1881.

BRILLOUIN. *Sur la méthode de M. Lippmann pour la détermination de l'Ohm.* Compt. rend. 93. p. 845-846; 1881.

G. LIPPMANN. *Détermination de l'Ohm, réponse aux remarques de M. Brillouin.* Compt. rend. 93, p. 955-958; 1881.

BRILLOUIN. *Sur la méthode de M. Lippmann pour la détermination de l'Ohm.* Compt. rend. 93, p. 1069-1072; 1881.

G. LIPPMANN. *Sur la détermination de l'Ohm, réponse à M. Brillouin.* Compt. rend. 94, p. 38-39; 1882.

LORD RAYLEIGH and A. SCHUSTER. *On the determination of the Ohm in absolute measure.* Proceed. Roy. Soc. 32, p. 104-141; 1881.

LORD RAYLEIGH. *Experiments to determine the value of the British Association*

unit of resistance in absolute measure. Philosophical Transactions, 1882, p. 2, 661-697. (Proceed. Roy. Soc. 1882, Febr. 15.)

Lord Rayleigh and Mrs. Sidgwick. *On the specific resistance of Mercury.* Proceed. Roy. Soc. 1882, Apr. 24.

Heinrich Weber. *Der Rotationsinduktor, seine Theorie und seine Anwendung zur Bestimmung des Ohm in absolutem Maasse.* Leipzig, Teubner, 1882; 76 pp.

Fr. Kohlrausch. *Ueber die Messung der Windungsflache einer Drathspule auf galvanischem Wege und über den absoluten Widerstand des Quecksilbers. Göttinger Nachrichten*, 1882, p. 654-661.

A. Roiti. *Metodo per determinare l'Ohm.* Atti della R. Accademia di Torino, 1882, 17 April, 7 p.

J. Joubert. *Méthode pour la détermination de l'Ohm.* Compt. rend. 94, p. 1519-1521; 1882.

R. F. Glazebrook and E. B. Sargent. *Experiments on the Value of the Ohm pt. I.* Proceed. Roy. Soc. 34, p. 86-89.

G. Lippmann. *Méthode thermoscopique pour la détermination de l'Ohm.* Compt. rend. 95, p. 634-635; 1882.

E. Dorn. *Die Reduction des Siemens'chen Einheit auf absolutes Maass.* Wied. Ann. 17, p. 773-816; 1882.

G. Lippmann. *Sur les méthodes à employer pour la détermination de l'Ohm. J. de Phys.* (2), 1, p. 313-317; 1882.

L. Lorenz. *Sur les méthodes à employer pour la détermination de l'Ohm.* Copenhagen, Bianco Luno, 1882; 5 pp.

Siemens et Halske. *Reproduction de l'unité de résistance à mercure et relation du système des mesures électriques en usage dans l'établissement de Siemens et Halske à Berlin.* Berlin, 1882, 16 pp.

F. Rothen. *Les mesures électriques.* Berne, Imprimerie Rieder et Simmen, 1881; 67 pp.

G. Wiedemann. *Ueber die bisherigen Methoden zur Feststellung des Ohm. Electrotechnische Zeitschrift; 3, p. 260-269 1882.*

Lord Rayleigh. *Comparison of the methods for the determination of resistances in absolute measures. Crambridge, University* Press. 1882; 20 pp.

A. Matthiessen et C. Vogt. *On the variation of the electrical resistance of alloys due to the change of temperature.* Report of the Brit. Assoc. 1862, p. 136-139 (aussi Platine-Iridium), 1863, p. 127-130. — *Ueber den Einfluss der Temperatur auf die elektrische Leitungsfähigkeit der Legirungen.* Pogg. Ann 122, p. 19-78; 1864.

MAC GREGOR and KNOTT. *On the variation with temperature of the electrical resistance of wires of certain alloys.* (Platine-Iridium.) Trans. Edinburgh. Roy. Soc. 29 (2), p. 599-608.

A. MATTHIESSEN. *On the electrical permanency of metals and alloys.* Report. British. Assoc. 1862, p. 139-141; 1862, p. 124-127; 1864, p. 357-352.

R. LENZ. *Ueber den Einflus der Temperatur auf den Widerstand des Siemens'schen Argentandrahtes.* Bullet. de St. Petersb. Mélang., 10 p. 477; 1877.

HERBERT TAYLOR. *On the causes of variations in the temperaturecoefficient in the alloys of Platinum and Silver.* Report British Assoc. 1881, p. 431-434.

WERNER SIEMENS. *Vorschlag eines reproducirbaren Widerstandsmaasses.* Pogg. Ann. 110, p. 1-20; 1860.

DEHMS. *Ueber eine Reproduktion der Siemens'schen Wiederstandseinheit.* Pogg. Ann. 136, p. 260-275; 373-404; 1869.

ROBERT SABINE. *Ueber eine neue Bestimmung der Quecksilbereinheit für electrische Leitungswiderstände.* Phil. Mag. 25, p. 161, 1860. Pogg. Ann. 127, p. 461-477; 1866.

E. BECQUEREL. *Recherches sur la conductibilité électrique des corps solides et liquides.* Ann. de Chim. et de Phys. (3), p. 242-296, 1846 (Mercure, p. 265).

E. BECQUEREL. *Recherches sur les piles Voltaïques, détermination des coefficients relatifs aux piles en usage dans l'industrie.* Annales du Conservatoire des Arts et Métiers. Paris, tome I, p. 257. — [Résistances, p. 298. — Rhéostat à mercure, p. 305. — Mercure, p. 312-314.] 1861.

A. MATTHIESSEN und VON BOSE. *Ueber den Einfluss der Temperatur auf die electrische Leitungsfähigkeit der Metalle.* (*Mercure.*) Pogg. Ann. 115, p. 383-385; 1862.

J. MULLER (Halle). *Ueber die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes der Metalle von der Temperatur.* (*Mercure.*) Pogg. Ann. 73, p. 434-442; 1848.

WERNER SIEMENS. *Ueber Widerstandsmaasse und die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes der Metalle von der Wärme.* Pogg. Ann. 113, p. 91-105; 1861.

SCHRŒDER VAN DER KOCK. *Ueber die Bestimmung des galvanischen Leitungswiderstandes.* (*Mercure.*) Pogg. Ann. 110, p. 471-476; 1860.

H. J. RINCK. *Over de Verandering van den Galvanischen Geleidingsweerstand van Kwikzilver bij. Temperatuursverandering.* Verslagen en Mededeelingen der K. Akademie van Wetenschappen Afd. Natuurk. (2) 11, 42 pp.

R. LENZ. *Einfluss des Druckes auf den Leitungswiderstand des Quecksilbers.* Stuttgart, 1882; 13 pp.

ANNEXE

À LA DEUXIÈME SÉANCE DE LA PREMIÈRE COMMISSION.

PROPOSITION DE M. NYSTRÖM.

MESSIEURS,

En réclamant pour quelques minutes votre attention, je n'ignore point que ma voix est bien faible pour se faire valoir au milieu de ces hautes compétences qui sont réunies ici. Je n'ai cependant pas hésité un moment d'exposer simplement mais fermement ce que m'imposent ma conviction et mon mandat.

Suivant les bases fondamentales acceptées par le Congrès international d'électriciens, je propose pour les unités de mesure électrique le système simplifié que j'ai l'honneur d'exposer ici :

Pour l'unité de force électromotrice	le volt,
——— résistance	l'ohm,
——— capacité ——— quantité (de charge) ——— quantité (par seconde)	le farad.

Les unités acceptées par le Congrès sont les suivantes :

Pour la force électromotrice	le volt,
Pour la resistance	l'ohm,
Pour la capacité	le farad,
Pour la quantité	le coulomb et
Pour le courant	l'ampère.

Ainsi le nombre d'unités se trouve réduit par la simplification proposée de cinq à trois, le coulomb et l'ampère étant compris dans le farad.

Pour prouver la légitimité de cette simplification, je prends la liberté de faire le résumé suivant de ce que j'ai exposé dans les deux notes présentées par moi et annexées au procès-verbal du Congrès, ainsi que d'un article spécial sur la matière inséré dans le *Journal télégraphique*, n° 3 de cette année, article dans lequel j'ai modifié le projet formulé dans ma note n° 2, en ce sens que je conserve au farad sa valeur actuelle, au lieu de lui attribuer 0,001 de cette valeur.

D'abord je crois avoir démontré que les termes : « intensité », « courant » et « force du courant » sont tout à fait impropres. Nul de ces termes ne désigne ici une notion qui aurait le droit à une mesure spéciale. Dans la terminologie électrique, ils

ont usurpé une place qu'ils devraient céder à la quantité (par l'unité de temps); je ne demande pas cependant qu'ils soient écartés de cette place. Mais il n'y a aucune raison de fixer une mesure spéciale pour leur évaluation.

En établissant un système d'unités électriques, je trouve désirable qu'il existe une analogie entre la mesure électrique et la mesure des matières ordinaires.

"Le vase nommé *litre*, que nous fournit la Commission internationale des mesures, est la représentation matérielle de la *capacité* de volume, quand il s'agit de matières ordinaires. De même, la boîte nommée *mikrofarad*, que nous fournit le constructeur pour la mesure électrique, est la représentation d'une capacité de volume.

"La quantité d'une matière ordinaire comprise entre les parois du vase nommé *litre* a été nommée *litre*. De même, il me semble que la quantité d'électricité comprise, sous la pression d'un volt, dans la boîte nommée *mikrofarad*, doit être nommée *mikrofarad*".

Ainsi on obtient dans les deux cas la même dénomination pour le contenant et pour le contenu qui y coïncide.

« Pour la mesure des matières ordinaires, il est indifférent que ces matières soient en repos ou en mouvement. De même, la mesure électrique doit être la même, sans considérer si la matière électrique se trouve dans l'état de repos ou dans l'état de mouvement. »

Or, une unité quelconque étant donnée comme mesure de l'électricité statique, c'est cette unité qu'il faut employer comme mesure de l'électricité dynamique.

A ce qui concerne la mesure de l'électricité dynamique, je me permets d'ajouter les observations suivantes :

Qu'est-ce qui est égal partout dans un seul et même circuit? Qu'est-ce qui est commun entre un courant de $\frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ohm}}$ et un courant de $\frac{n. \text{ volts}}{n. \text{ ohms}}$? Qu'est-ce qui dans un courant de $\frac{n. \text{ volts}}{1 \text{ ohm}}$ est n fois plus grand que dans un courant de $\frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ohm}}$? Ce n'est pas la vitesse des particules électriques, ni la force du courant (agissant, par exemple, sur une aiguille aimantée), ni le courant lui-même (sinon équivalent à la quantité), qui constituent la réponse à ces questions; mais c'est la quantité (dans l'unité de temps pour une section quelconque du circuit). Or, c'est cette même quantité qui constitue l'objet de la mesure. Dès lors, il doit être très facile de trouver la mesure convenable du courant électrique. Le farad étant donné comme mesure de la quantité, c'est aussi le farad qu'il faut employer comme mesure du courant électrique.

Les avantages du système proposé par moi consistent principalement dans sa simplicité. La simplicité donne la netteté des idées; la complication fait naître la confusion.

Ce même système possède un avantage tout particulier en ce qu'il ne présuppose ni notions ni dénominations nouvelles. Point de difficultés de transition, point de méprises!

Quant à la compétence du Comité, je crois qu'elle doit se baser sur la décision du Congrès, du 21 septembre. Par cette décision, le Congrès a chargé le comité « des

recherches nécessaires pour établir des unités. » Loin d'être restreint à la détermination unique de la Colonne de mercure appelée à constituer la représentation matérielle de l'unité de résistance, le mandat du comité comprend donc tout le système d'unités en question. Si l'intention du Congrès avait été de limiter la tâche du Comité à la donnée proposée par la Commission spéciale des unités, c'est-à-dire à la détermination d'une des dimensions de la colonne du mercure, le Congrès n'aurait sans doute pas été embarrassé pour trouver une expression claire et nette à cet égard, ce qui aurait été d'autant plus nécessaire que dans la discussion M. Forster, tant en son nom propre qu'en celui de plusieurs autres membres du Congrès, n'avait déclaré adhérer au projet de résolutions que sous la réserve expresse de la constitution d'un organe autorisé à examiner la question sous toutes ses faces, opinion qui ne fut en aucune manière contestée.

Si nous passons maintenant de la forme au fond des choses, nous trouverons peut-être que les résolutions du Congrès sur les points en question ont été adoptées un peu trop hâtivement. La *commission* spéciale des unités électriques se réunit les 16, 17, 19 et 21 septembre. Après la discussion préliminaire dans la *première section* le 16 septembre, la question n'y fut discutée qu'une seule fois. C'est-à-dire les quatre premières propositions furent alors adoptées, sans discussion aucune. A la demande de plusieurs membres de la commission elle-même, les propositions sur les « points secondaires » furent renvoyées à la commission.

Le lendemain, à la séance de la commission du 21 septembre, les propositions complémentaires présentées par Sir William Thomson et M. le professeur Helmholtz furent acceptées par la commission; et sans être remise de nouveau à la première section, la question fut jugée mûre d'être décidée le même jour — deux heures plus tard — dans la séance plénière du Congrès. Ce fut alors que M. Forster fit sa réserve susmentionnée, qu'il trouva d'autant plus nécessaire « que l'expérience a prouvé que les décisions de chaque grande réunion scientifique ont eu besoin d'être modifiées après un examen réitéré. » Ce fut alors aussi que déclara tout franchement M. Helmholtz que le résultat auquel on était arrivé était à considérer comme un compromis. Après un discours sur la question de Sir William Thomson et de M. Helmholtz, les propositions de la commission furent acceptées sans être discutées, à proprement dire.

Si l'on prend en considération que l'attention de la plupart des membres du Congrès fut attirée simultanément aux travaux des trois sections du Congrès (avec leurs subdivisions) et à l'Exposition internationale d'électricité, on trouvera sans doute qu'il y a lieu à regretter que la question des unités électriques n'ait pas été déposée sur le bureau, le 21 septembre, pour être décidée dans une séance plénière suivante. Un certain délai pour la réflexion, en vue d'un examen ultérieur, n'aurait certes pas été de trop, surtout pour les délégués qui n'avaient pas eu l'occasion de prendre part aux délibérations de la Commission spéciale.

D'après le procès-verbal du Congrès, les propositions sur les points secondaires ont été acceptées *à l'unanimité*. Oui, c'est vrai personne n'y fit objection. Mais c'était,

il me semble, plutôt l'unanimité de la surprise que l'unanimité d'une conviction ferme et compacte.

J'ignore si l'unanimité avec laquelle fut décidée la question dans la séance de la Commission le 21 septembre était d'une grande intensité. La veille, l'illustre Président de la Commission avait déclaré, dans la séance de la première section que « la Commission prendrait d'autres résolutions sur les points secondaires. » A la même occasion, l'une de ces hautes autorités qui présentaient le lendemain les propositions complémentaires en question s'était prononcée en faveur d'une autre terminologie que celle qui fut soulevée dans ces propositions. Or, l'unanimité de la décision de la Commission même pourrait bien être considérée comme l'unanimité du compromis.

DEUXIÈME COMMISSION.

COURANTS TERRESTRES ET ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

PREMIÈRE SÉANCE.

(MARDI 17 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. WILD.

La séance est ouverte à une heure quarante minutes.

Sont présents :

MM. W. Siemens, Wiedemann, Helmholtz, Kolrausch Ludewig, Militzer, le Colonel Mansilla, Rousseau, Gérard, Van den Mensbrugghe, Macartney, Tching-Tchang, Somzée, Hoffmeyer, Bergon, Blavier, Mascart, Argyropoulo, Sir W. Thomson, Medina, Tacchini, Ferraris, H. Becquerel, Baille, Broch, Bosscha, d'Azevedo, Lenz, Wild, Raynaud, Nyström, Fr. Weber.

Sur la proposition de M. Broch (Norvège), la Commission désigne M. Wild (Russie) comme Président.

M. Wild propose à la Commission de choisir comme Vice-Présidents MM. Ludewig (Allemagne) et Mascart (France), et comme Secrétaires MM. H. Becquerel et Gérard. Cette proposition est adoptée.

M. le Président fait remarquer que plusieurs délégués lui ont signalé les difficultés que présenterait la réunion, aux mêmes heures, des trois commissions composant la Conférence, un grand nombre de membres faisant partie à la fois de plusieurs commissions; on pourrait décider en conséquence que les réunions des différentes commissions auront lieu à des heures différentes.

Sur une observation de M. Blavier (France), on décide que les présidents des trois commissions s'entendront entre eux, de manière que les réunions n'aient jamais lieu aux mêmes heures.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture du programme des travaux de la Commission, qui a été arrêté par le Congrès international des électriciens dans sa sa séance du 5 octobre 1881, savoir:

A. Préciser les méthodes d'observation pour l'électricité atmosphérique, afin d'en généraliser l'étude à la surface du globe.

B. Réunir les éléments statistiques relatifs à l'efficacité des paratonnerres des divers systèmes, et à l'action préservatrice ou nuisible des réseaux télégraphiques et téléphoniques.

C. Organiser l'étude systématique des courants terrestres sur les lignes télégraphiques ou, du moins, des observations de ces courants aux jours *termes* spécifiés par la Commission polaire internationale à l'époque de ses expéditions (le 1er et le 15 de chaque mois).

D. Étudier les meilleures conditions d'établissement d'un réseau *télémétéorographique* international, permettant aux différentes stations de communiquer entre elles sans cesse, pour obtenir ainsi, d'une manière continue, l'état météorologique du plus grand nombre possible de points utiles.

M. LUDEWIG (Allemagne) fait connaître à la Commission que de nombreuses observations ont été faites en Allemagne sur les orages, et que l'on a dressé des statistiques des dommages causés par la foudre. Il se propose de présenter des cartes indiquant le résultat de ces observations.

M. LE PRÉSIDENT invite la Commission à arrêter la méthode qu'elle suivra dans l'étude des diverses questions de son programme. Ces questions seront-elles traitées successivement dans des séances plénières, ou seront-elles étudiées simultanément par des sous-commissions spéciales?

M. HELMHOLTZ (Allemagne) est d'avis que la Commission doit d'abord étudier la première question, afin de se mettre d'accord sur les méthodes communes d'observation à employer aux divers points du globe, pour l'étude de l'électricité atmosphérique, et d'indiquer les appareils qu'il sera préférable d'adopter pour ces observations.

Il insiste sur les difficultés que présente la question en raison de la grande variabilité des conditions atmosphériques. Lorsque ce premier point sera épuisé, on passera successivement aux trois questions suivantes.

M. BERGON (France) propose la formation de deux sous-commissions, qui étudieraient, l'une, les questions A et B, qui ont entre elles beaucoup de rapports, l'autre, les questions C et D.

M. NYSTRÖM (Suède) déclare adhérer à la proposition de M. HELMHOLTZ. Il

désirerait que le débat fût entamé par les membres qui ont déjà discuté la question au Congrès des électriciens.

Aucune autre proposition n'étant présentée, M. le Président met aux voix la proposition de M. Helmholtz, laquelle est adoptée par la majorité de la Commission.

M. le Président invite M. Mascart (France) à fournir à la Commission quelques renseignements au sujet de la question.

M. Mascart répond qu'il n'y a qu'à se conformer aux prescriptions indiquées par sir W. Thomson pour l'étude de l'électricité atmosphérique. Il ajoute que les phénomènes électrométriques doivent être enregistrés d'une manière continue; le potentiel de l'air change si rapidement que des observations discontinues ne peuvent donner aucune idée exacte de la loi de variation.

L'appareil comprend deux organes principaux, un égaliseur de potentiel et un électromètre. Pour le premier objet, on peut employer un écoulement de gaz chauds ou de liquide. L'usage d'une flamme continue est à peu près impossible et serait très coûteux; le seul mode pratique consiste à employer un appareil à écoulement de liquide. L'appareil peut être placé à n'importe quelle hauteur. Comme liquide, l'eau ordinaire suffit dans les conditions habituelles. Lorsque la température baisse, il suffit d'ajouter à l'eau un peu d'alcool pour empêcher sa congélation. Dans des cas exceptionnels, si le froid est très intense, on peut recourir à l'emploi de l'alcool pur.

Comme enregistreur, il est certain que l'électromètre de sir W. Thomson, employé à l'observatoire de Kew, donne d'excellents résultats. M. Mascart y a introduit quelques modifications, qui ont eu pour but d'en diminuer le le prix et de rendre l'instrument entièrement symétrique, de façon que des potentiels égaux et de signes contraires produisent des déviations égales de part et d'autre du zéro.

M. Mascart présente à la Commission des courbes qu'il a relevées dans ses observations d'électricité atmosphérique au collège de France. Il a déduit d'une longue série de courbes que le potentiel atmosphérique n'offre dans la journée qu'un maximum et un minimum, contrairement à l'opinion générale, d'après laquelle il y aurait deux maxima et deux minima. Il a reconnu en outre que les phénomènes atmosphériques n'affectent pas un caractère purement local, car deux appareils placés à une distance de quelques kilomètres l'un de l'autre donnent des courbes presque identiques. Toutefois, il faut exclure les perturbations qui se produisent d'une manière subite et qui atteignent parfois une intensité considérable, sans d'ailleurs paraître soumises à une loi quelconque.

Sir W. Thomson (Grande-Bretagne) fait remarquer que la discussion des

résultats par la méthode de Fourier permet de mettre en évidence les effets périodiques. Une telle analyse, appliquée par M. Everett aux observations de Kew, a montré l'existence de deux maxima et deux minima en vingt-quatre heures.

Des résultats publiés par M. Mascart M. Bagon avait aussi conclu à l'existence de deux périodes, mais le calcul porte sur des différences trop faibles pour qu'il soit possible de garantir cette conclusion. Quant aux observations utilisées par M. Everett, M. Mascart craint qu'elles ne soient entachées d'erreur au point de vue de l'isolement de l'appareil. L'ébonite employée comme support du vase à écoulement perd assez rapidement ses qualités isolantes, par suite d'une altération qui rend sa surface hygrométrique. C'est là une cause d'erreurs, d'où peut venir le désaccord entre ses observations et les résultats calculés par M. Everett

Sir W. Thomson fait observer que, dans les expériences de Kew, on dessèche les supports à l'aide d'acide sulfurique. Toutefois quelques causes d'erreurs peuvent s'être introduites et donner raison à M. Mascart, par exemple la présence de toiles d'araignée sur les supports. Sir W. Thomson espère que M. Mascart pourra appliquer l'analyse aux résultats de ses observations et en déduire les lois de variations diurne, mensuelle et annuelle du potentiel atmosphérique.

M. Mascart dit qu'en examinant l'appareil de Kew, il y a quelques années, il a constaté une déperdition d'électricité au moins par les pièces d'ébonite de l'électromètre; il arrive souvent que les supports de l'appareil à écoulement sont dans le même état. Des précautions ont été prises depuis par M. Whipple pour éviter ces inconvénients, et depuis lors l'appareil paraît fonctionner très bien.

Quant à la discussion des résultats, il semble difficile de l'appliquer directement au tracé photographique, qui manque trop de continuité. Il vaut mieux tracer à la main une courbe que donnent les observations moyennes. Pour déterminer les variations à longue période, il faut que l'appareil reste semblable à lui-même pendant toute la série des observations. De là, la nécessité de contrôler la sensibilité de temps en temps. Ce contrôle se fait très simplement, en mettant l'appareil, pendant quelques minutes, en communication successivement avec les pôles positif et négatif d'une petite pile Daniell; les épreuves photographiques gardent ainsi l'empreinte de la graduation. Il est nécessaire, en outre, de vérifier de temps en temps le bon isolement des supports.

M. Mascart insiste sur la nécessité de rejeter, dans des observations régu-

lières, l'indication des perturbations accidentelles. La pluie, en particulier, donne des charges plus ou moins grandes d'électricité négative et produit des perturbations absolument locales, de telle sorte que deux appareils en station à une distance assez petite n'enregistrent plus des indications semblables. Le brouillard produit le même effet. Il n'y a aucune loi générale à établir en pareil cas, et l'on ne pourrait, vu la variabilité des saisons, faire intervenir les effets brusques, quand on veut déterminer une loi de variation annuelle.

M. Mascart donne encore quelques renseignements pratiques au sujet des appareils qu'il emploie. La manœuvre est tellement simple qu'il peut la confier en toute sécurité à des aides ne possédant aucune connaissance théorique. Les résultats obtenus par lui jusqu'ici ont toujours été très réguliers. Trois de ces appareils sont actuellement installés au collège de France, à Saint-Maur et à Nantes. D'autres seront bientôt en station à Besançon, Lyon et Toulouse. La question de prix est une considération qui n'est pas à négliger pour les établissements météorologiques, assez médiocrement dotés pour la plupart. Dans l'appareil de M. Mascart la dépense totale, y compris l'amortissement de l'achat, ne dépasse pas 1 franc par jour.

M. Helmholtz demande si des observations d'électricité atmosphérique sont faites en Angleterre dans plusieurs stations et si elles sont organisées à Saint-Pétersbourg.

Sir W. Thomson répond que les appareils installés à Kew sont les seuls à sa connaissance qui fonctionnent régulièrement en Angleterre.

M. Wild dit que les observations commencées à Saint-Pétersbourg ont eu surtout pour but, jusqu'à présent, d'étudier l'emploi de la méthode par les grands froids; on va les confirmer à l'aide d'un appareil enregistreur.

M. Helmholtz demande que la Commission conseille aux Gouvernements d'établir des enregistreurs. Il voudrait que le plan des installations fût le même partout. Il demande à M. Mascart de montrer à la Commission l'installation de ses appareils au collège de France.

M. Mascart répond qu'il s'empressera de se conformer à ce désir.

Sir W. Thomson fait remarquer que les opérations à l'air libre ne donnent qu'une partie du phénomène, et qu'il serait très utile d'observer l'électrisation de l'air lui-même. Il suffirait pour cela d'employer la même méthode, avec cette modification que l'air observé doit être entouré d'une enveloppe conductrice communiquant au sol et ayant, par suite, le même potentiel. Un simple toit métallique, soutenu par des colonnes conductrices reliées au sol, formerait un écran très efficace pour garantir le point d'observation contre

l'influence des couches d'air éloignées ou des objets du voisinage, pourvu que le diamètre de cet écran soit trois ou quatre fois plus grand que la distance de ce point à la surface du sol. Une construction complète avec des fenêtres ou quelques ouvertures plus petites sur les parois verticales formerait encore un écran plus complet.

Quel que soit l'arrangement, les ouvertures doivent être suffisantes pour permettre à l'air de circuler librement, de sorte que l'air intérieur puisse être toujours considéré comme un échantillon exact (par rapport à toutes les propriétés physiques) de l'air extérieur.

En temps ordinaire, une construction en pierre, avec couverture en tuiles ou en ardoises, aurait des parois assez conductrices pour constituer pratiquement un écran électrique avec toutes les qualités requises; mais cette conductibilité ne serait pas suffisante au moment des coups de foudre et quelques secondes après de pareilles décharges électriques. M. Mascart, qui est le chef d'une grande institution météorologique, et qui s'est occupé du sujet, pourra, sans doute, faire une pareille installation, qui servirait de modèle.

M. Mascart est heureux d'appuyer la proposition de M. Helmholtz, mais il ne croit pas nécessaire de recommander partout le même appareil; il suffit que la méthode employée soit correcte, et que les résultats soient comparables. Au sujet de la disposition à adopter pour étudier l'électrisation de l'air, il pense qu'une salle avec des ouvertures ordinaires conviendrait bien quand il y a du vent, mais, par les temps tout à fait calmes, le renouvellement de l'air ne serait peut-être pas suffisant. Un hangar conducteur dont les côtés seraient formés par un grillage métallique à larges mailles serait sans doute convenable en tout temps.

M. Mascart s'occupera le plus tôt possible de répondre à l'invitation si flatteuse de Sir W. Thomson.

Quant à la sensibilité de l'électromètre, il est facile de la rendre beaucoup plus grande que celle des électromètres ordinairement employés pour les observations atmosphériques.

M. Helmholtz dit qu'il résulterait des expériences faites par un de ses élèves, M. Blake, que l'électrisation de l'air est parfaitement observable dans l'intérieur d'un laboratoire; cette électrisation est même très gênante pour certaines recherches délicates.

M. Ludewig, en réponse à la remarque de M. Mascart sur la difficulté d'enregistrer les perturbations atmosphériques, dit que les observations régulières faites conformément à ces indications pourraient être complétées par un système d'observations des orages et de leurs différentes phases dans les

bureaux télégraphiques. On arriverait ainsi à avoir une image plus exacte de la variation de l'électricité atmosphérique sur des régions très étendues.

M. Mascart répond qu'actuellement, en France, tous les bureaux télégraphiques possèdent des *bulletins d'orage*, où l'on inscrit la direction des lignes sur lesquelles se font sentir les orages, l'heure des observations ainsi que les principaux phénomènes constatés. Il est vrai que souvent les exigences du service télégraphique rendent les observations incomplètes. Tant que l'orage n'est pas assez fort pour faire cesser le travail de la ligne, l'employé continue à transmettre les dépêches; dès que la violence des courants atmosphériques empêche tout travail, l'employé, craignant le danger de la foudre pour ses appareils, met le fil à la terre et ne peut plus observer les perturbations. Dans l'état actuel, on ne peut demander aux administrations télégraphiques que l'enregistrement du commencement de chaque orage; l'observation est facile; les employés ne s'y trompent pas.

M. Bergon (France) dit que les effets des orages sur les lignes télégraphiques doivent être considérés à deux points de vue. Lorsque l'orage s'approche et lorsqu'il s'éloigne, son action se traduit par des courants continus généralement faibles et pouvant très bien être confondus avec les courants provenant de la différence de potentiel qui existe toujours entre les terres de deux postes correspondants. Les employés ne s'inquiètent pas de ces courants, qui en général ne les gênent pas; ils ne les constatent pas. Ils ne constatent que les effets des décharges du nuage orageux qui, soit qu'elles agissent par induction, soit qu'elles frappent la ligne directement, actionnent les appareils et les font partir.

Il ajoute qu'il y aurait sans doute intérêt à diviser les lignes sur lesquelles ont lieu les observations en deux catégories : les lignes aériennes et les lignes souterraines. On trouverait peut-être des résultats notablement différents dans les deux cas. Deux grandes puissances, la France et l'Allemagne, possèdent un vaste réseau souterrain qui pourrait servir aux expériences en question.

M. Wild demande à Sir W. Thomson s'il serait possible de comparer sûrement les indications des électromètres en différents lieux.

Sir W. Thomson répond que les indications des électromètres peuvent être rendues facilement comparables; mais que les observations sont influencées par la conformation du lieu au voisinage de l'appareil et, dans la plupart des cas, il serait impossible de calculer l'influence du relief du sol. On peut rendre les résultats comparables en faisant simultanément des observations dans la station principale et dans des postes provisoires choisis au milieu d'un espace découvert peu éloigné. Il suffirait de mettre une mèche portée par une perche

en relation avec un électromètre portatif que tiendrait un observateur caché dans une cavité de manière à ne pas changer la forme du sol.

M. Mascart ajoute que, dans des expériences faites par lui au bord de la mer, il avait placé, suivant les indications de Sir W. Thomson, des pointes munies de mèches au sommet de deux mâts en bois ayant respectivement dix mètres et cinq mètres de haut et communiquant par un fil avec l'électromètre, placé dans une petite cabane située à quelque distance. Les résultats obtenus restaient toujours très sensiblement dans le rapport de deux à un, à moins de grandes perturbations accidentelles.

M. le Président met aux voix un projet de vœu recommandant aux Gouvernements d'encourager les observations régulières de l'électricité atmosphérique.

Le vœu est adopté par la Commission à l'unanimité.

M. le Président demande à quelle date aura lieu la prochaine séance de la Commission.

La Commission décide que les présidents des trois Commissions des Unités s'entendront entre eux à ce sujet.

La séance est levée à deux heures trois quarts.

Le Président,
WILD.

Les Secrétaires,
Henri BECQUEREL, E. GÉRARD.

DEUXIÈME COMMISSION.

COURANTS TERRESTRES ET ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

DEUXIÈME SÉANCE.

(MERCREDI 18 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. WILD.

La séance est ouverte à deux heures un quart.

Sont présents: MM. Wild, Helmholtz, Kohlrausch, Ludewig, Wiedemann, Militzer, le Colonel Mansilla, Rousseau, Évrard, Gérard, Van der Mensbrugghe, Hoffmeyer, Blavier, Mascart, Sir W. Thomson, Argyropoulo, Tacchini, Ferraris, H. Becquerel, Baille, Broch, Bosscha, d'Azevedo, Lenz, Raynaud, Fr. Weber.

MM. Macartney et Tching-Tchang, retenus à la Conférence des câbles sous-marins, préviennent M. le Président qu'ils ne pourront assister à la séance.

M. le Président annonce que les procès-verbaux des séances seront distribués, après leur impression, aux membres de la Commission, si celle-ci le désire.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

La première partie du programme de la Commission ayant été épuisée dans la séance précédente, M. le Président donne lecture de la deuxième partie, ainsi conçue:

« B. — *Réunir les éléments statistiques relatifs à l'efficacité des paratonnerres des divers systèmes et à l'action préservatrice ou nuisible des réseaux télégraphiques et téléphoniques.* »

Il invite la Commission à se prononcer sur ce sujet.

M. Mascart (France) demande s'il existe des statistiques d'orage et de coups de foudre et si, en particulier, les administrations télégraphiques ont recueilli des renseignements à cet égard.

M. Blavier (France) dit que les relevés effectués par les soins de l'administration des télégraphes français sont très peu nombreux et n'ont pas été faits d'une manière régulière.

M. Tacchini (Italie) dit que, dans toutes les provinces de l'Italie, on a réuni des renseignements qui paraîtront prochainement dans une publication. Depuis un an environ, il existe dans les observatoires météorologiques des imprimés spéciaux pour les observations d'orages. On pourrait inviter les directeurs des bureaux centraux à réunir les notices relatives aux coups de foudre. A sa connaissance, il existe également en Angleterre une société ayant pour but de recueillir des renseignements au sujet des orages.

M. Mascart croit que ce sont surtout les administrations télégraphiques qui pourraient fournir des statistiques pour ce qui concerne les fils de ligne. Elles sont, en effet, renseignées par les particuliers intéressés à leur demander des indemnités en cas de dommages causés par les coups de foudre transmis le long des fils télégraphiques ou téléphoniques.

M. Blavier fait observer que les accidents de cette nature sont très rares et qu'il y a très peu de plaintes à cet égard.

M. Mascart dit que, de leur côté, les bureaux météorologiques se préoccupent de la marche des orages et ne possèdent guère de renseignements sur les accidents des coups de foudre. Il ajoute que les statistiques à dresser devraient remonter à plusieurs années en arrière.

M. Tacchini fait remarquer que l'on pourra grouper les observations recueillies par les administrations télégraphiques avec celles que relèvent les stations météorologiques.

M. Évrard (Belgique) dit que sur 1,400 appareils Morse employés en Belgique, 37 ont été détériorés par la foudre du mois de mars au mois d'août 1882.

Il donne lecture d'une circulaire adressée par l'Administration des télégraphes à ses agents, dans le but de définir nettement la nature des accidents produits par la foudre. Le temps a manqué jusqu'ici pour recueillir les renseignements demandés dans cette circulaire.

M. le Président décide que la circulaire lue par M. Évrard figurera au procès-verbal de la séance (voir l'annexe).

M. Argyropoulo (Grèce) donne connaissance du fait suivant à la Commission. En Grèce le Gouvernement fait poser des paratonnerres sur les bâtiments publics, et notamment sur les poudrières. Malgré cette précaution, des accidents ont souvent été occasionnés par la foudre, et des poudrières ont fait explosion. Attribuant ces accidents à une mauvaise communication des paratonnerres avec le réservoir commun, on a partout établi la communication électrique avec la mer. Depuis lors, on n'a plus constaté de coups de foudre sur les magasins à poudre.

M. Helmholtz (Allemagne) dit que l'on n'a pas encore dressé de statistique en Prusse, mais qu'on a commencé à le faire dans la province de Schleswig-Holstein, dont la position resserrée entre deux mers est extrêmement favorable à la chute de la foudre. Des relevés effectués par les agents du gouvernement, il résulte que les campagnes sont beaucoup plus exposées que les villes, et que, dans les villages, les bâtiments frappés sont principalement les églises et les écoles publiques. On a constaté en outre que les édifices munis de paratonnerres sont épargnés, à part quelques exceptions qui sont dues à une mauvaise communication avec la terre. Lorsque la foudre tombe sur les maisons couvertes de chaume, on a remarqué qu'elle y occasionne plus fréquemment des incendies que lorsqu'elle atteint celles couvertes d'ardoises.

M. Helmholtz ajoute qu'il serait bon d'inviter les Gouvernements européens à faire dresser une statistique qui permît de juger de l'efficacité des paratonnerres et des conditions de fréquence des coups de foudre. Il serait à désirer en outre que l'on distinguât, dans les relevés, les différents systèmes de paratonnerres, afin de mettre les meilleurs en évidence.

Quant aux lignes téléphoniques, on a admis au Congrès de 1881 que chaque instrument doit être protégé par un paratonnerre placé à l'entrée de la ligne dans la maison. M. Helmholtz désirerait connaître le résultat de cette prescription.

M. Blavier dit que la règle posée par le Congrès est loin d'être suivie d'une manière générale à Paris. Dans cette ville, du reste, les dangers sont bien moindres qu'ailleurs, les lignes téléphoniques étant souterraines.

M. Helmholtz dit que l'Académie des sciences de Berlin a proposé l'emploi, au point d'entrée des lignes dans les maisons, d'un paratonnerre constitué par deux petites sphères très rapprochées, dont l'une est reliée à la ligne et l'autre à la terre.

M. Ludewig (Allemagne) fait connaître un système de paratonnerre à fil fin préservateur employé en Allemagne pour les lignes téléphoniques. Un fil isolé

de $0^{mm},1$ de diamètre, enroulé sur un cylindre de laiton, met la ligne en communication avec les appareils en temps ordinaire, et avec la terre, lorsqu'il est fondu par la foudre. Si on retire le cylindre de laiton pour remplacer le fil préservateur, un ressort met automatiquement la ligne en communication avec les appareils. Sur les lignes téléphoniques allemandes, il y a un paratonnerre par série de cinq poteaux. Pour juger du résultat de ces dispositions au point de vue de la protection du matériel télégraphique, l'Administration allemande a fait dresser la statistique suivante :

Pendant la période du 1er avril au 20 août 1881, on a observé 2,301 orages, qui ont produit 2,165 cas de dommages sur les lignes et les appareils télégraphiques, savoir :

Sur 875,631 poteaux existants, 271 ont été détruits, 627 ont plus ou moins souffert, soit en tout 1 p. mille environ;

Sur 2,778,930 isolateurs, 244 ont été endommagés;

Sur 8,589 paratonnerres télégraphiques, 187 ont été traversés par la foudre;

Sur 3,912 paratonnerres téléphoniques, il y a eu 639 cas, soit environ 16 p. o/o. Il n'y a d'ailleurs pas eu d'accidents de personnes.

Sur 8,860 galvanoscopes, 105 ont été affectés;

Sur 2,450 téléphones, 24 seulement;

Sur 8,533 appareils Morse, 2.

Aucun appareil Hughes n'a été atteint.

M. Militzer (Autriche) propose de formuler, au sujet des enquêtes relatives aux coups de foudre, les règles précises qui seraient transmises aux Gouvernements. Les renseignements qu'on recueille proviennent de sources très diverses. En Autriche, ils sont fournis par les agents du Ministère de l'intérieur et de la police, desquels on ne peut guère exiger des détails techniques. Mais les renseignements donnés par les administrations télégraphiques pourraient avoir un caractère en quelque sorte scientifique et méthodique. Pour préciser les informations, il conviendrait de formuler des questionnaires comprenant les divers cas d'accidents dans les villes, sur les lignes télégraphiques et les lignes téléphoniques. M. Militzer propose de nommer une sous-commission, composée d'un petit nombre de membres, qui préparerait les questionnaires.

M. Évrard (Belgique) demande à M. Militzer quelles seraient les autorités chargées de la statistique. Il est désirable que ce travail soit fait par des personnes compétentes.

M. Militzre dit que, suivant les cas, les renseignements seront recueillis par les employés des administrations télégraphiques, par les maires, par les offi-

ciers de police, etc. Ces renseignements seront de valeurs très différentes au point de vue scientifique. S'il se produit un cas remarquable, il pourra être soumis à un professeur de physique, à un médecin, etc. Cela n'empêche pas de formuler dès maintenant deux questionnaires : le premier, destiné aux enquêtes sur les accidents survenus aux bureaux télégraphiques ou téléphoniques, le second étant réservé aux coups de foudre sur les édifices publics et sur les maisons privées.

M. Mascart appuie la proposition de M. Militzer. La Sous-Commission à nommer ne devrait comprendre qu'un nombre très restreint de membres. Le questionnaire qu'elle rédigerait servirait non seulement de guide pour l'avenir, mais il permettrait de condenser sous une forme nette et précise les faits observés jusqu'à présent. Quant au choix des autorités compétentes qui seront chargées des statistiques, la Commission n'a pas à s'en occuper. Son rôle se bornera à transmettre le questionnaire qu'elle aura dressé aux divers Gouvernements.

M. Helmholtz dit qu'en Allemagne on a commencé à organiser un service spécial pour les statistiques d'orages. M. Holtz a été chargé de ce service dans le Schleswig-Holstein.

M. Helmholtz se joint à M. Mascart pour appuyer la proposition de M. Militzer.

M. Tacchini l'appuie également.

M. Blavier demande à M. Mascart s'il n'exite pas à l'Académie des sciences une commission de l'étude des coups de foudre.

M. Mascart n'a pas qualité pour répondre ; la commission des paratonnerres de l'Académie a rédigé des instructions pour la construction de parafoudres, et elle publie de temps en temps des rapports sur les questions qui lui sont soumises par le Gouvernement, au sujet de la protection des édifices publics et des poudreries.

M. Hoffmeyer (Danemark) fait connaître à la Commission qu'un questionnaire relatif aux enquêtes sur les coups de foudre existe en Danemark.

M. le Président met aux voix la proposition de M. Militzer.

M. Blavier fait remarquer qu'il devrait y avoir deux questionnaires distincts, l'un pour les Administrations télégraphiques, l'autre pour les autorités locales.

La Commission approuve l'observation de M. Blavier

La proposition de M. Militzer est adoptée.

Sont nommés membres de la Sous-Commission chargée de formuler les questionnaires : MM. MILITZER, HELMHOLTZ, LUDEWIG, ÉVRARD, BERGON, MASCART, et TACCHINI.

M. HELMHOLTZ est d'avis que l'on devrait non-seulement faire le relevé des orages, mais encore en étudier le cours, ce dont on ne s'est guère préoccupé jusqu'à présent.

M. LUDWIG fait observer qu'il a demandé dans la séance précédente que le cours des orages fût observé, non pas seulement d'une manière isolée sur chaque pays, mais encore dans son ensemble sur plusieurs pays voisins.

M. MASCART dit que cette étude avait été commencée en France par Leverrier et qu'elle est poursuivie chaque année par le bureau Météorologique.

M. MILITZER pense avec M. Mascart que les renseignements actuellement fournis par les bureaux télégraphiques peuvent être une source d'erreurs, les employés de ces bureaux continuant leur travail aussi longtemps que possible au lieu d'observer les courants atmosphériques. On pourrait, il est vrai, dans un grand nombre de pays, compléter les indications des bureaux télégraphiques par celles des bureaux météorologiques et comparer les unes avec les autres. Mais ne vaudrait-il pas mieux, au lieu de faire ce travail compliqué et qui ne serait pas exempt d'erreurs, s'en rapporter simplement aux observatoires météorologiques qui donneraient des renseignements plus certains.

M. WILD (Russie) est de l'avis de M. Militzer. Il fait remarquer qu'outre les stations météorologiques, il existe dans tous les pays de nombreux postes qui n'observent pas les orages. On pourrait leur confier exclusivement le soin de dresser les statistiques.

M. TACCHINI dit qu'il existe en Italie 700 stations semblables. Il pense que les observations recueillies par les administrations télégraphiques ne sont pas inutiles, parce qu'elles permettent tout au moins de déterminer le moment où l'orage atteint son maximum d'intensité.

M. HOFFMEYER craint que l'on ne puisse rien déduire de toutes les statistiques dont il s'agit. En France, où l'on a pour la première fois fait des relevés de ce genre, on a constaté d'abord deux sortes d'orages : les orages de *pression* et les orages de *chaleur*. Ensuite on a reconnu leur direction générale. Depuis lors les observations n'ont plus éclairci la question d'une manière sensible. Aussi l'on peut se demander s'il est bien nécessaire de continuer à dresser des statistiques générales qui ne donnent pas plus de résultats? M. Hoffmeyer désire avoir là-dessus l'opinion de M. Mascart.

M. Mascart pense que les instituts météorologiques doivent se préoccuper d'améliorer autant que possible la prévision du temps. Jusqu'à présent, les annonces d'orages ne peuvent être faites qu'avec de grandes réserves; pour augmenter la probabilité à cet égard, il est nécessaire de faire beaucoup d'études et de recueillir beaucoup de documents. Il serait donc regrettable d'abandonner une série d'observations déjà organisées ou en voie de formation; ce qu'il importe surtout d'avoir, ce n'est pas tant un grand nombre d'observateurs qu'une distribution régulière et aussi uniforme que possible des observateurs. De cette manière on pourra arriver à prédire les orages, qui sont aussi désastreux pour l'agriculture que les tempêtes le sont pour la navigation.

M. Tacchini constate également l'importance de la prévision des orages. Il faut remarquer qu'en Italie on n'est pas parvenu à les annoncer plus de vingt-quatre heures à l'avance; ce qui est insuffisant. Mais il espère qu'on obtiendra plus de promptitude quand on pourra disposer des dépêches de l'Amérique et des Açores.

M. le Président propose de joindre à la résolution prise sur la question (A) du programme le vœu que l'étude des orages soit étendue à toute la surface de l'Europe.

Cette proposition est adoptée par la Commission.

La deuxième question (B) étant épuisée, M. le Président donne lecture de la question suivante (C) :

C. — *Organiser l'étude systématique des courants terrestres sur les lignes télégraphiques ou, du moins, des observations de ces courants aux jours* termes *spécifiés par la Commission polaire internationale à l'époque de ses expéditions* (*le 1er et le 15 de chaque mois*).

M. Mascart croit qu'il serait bon de diviser la question en deux et de ne traiter tout d'abord que « *l'organisation de l'étude systématique des courants terrestres sur les lignes télégraphiques.* » La Commission approuve cette disposition.

M. Mascart dit qu'il est très regrettable que les administrations télégraphiques, disposant de si grandes ressources, ne fassent pas quelques sacrifices pour utiliser leurs réseaux dans l'intérêt de la science.

Il suffirait d'y consacrer deux lignes, de préférence des lignes souterraines, dirigées l'une du Nord au Sud, l'autre de l'Est à l'Ouest. Il ne serait pas nécessaire que ces lignes eussent une grande longueur. On les mettrait en communication avec des appareils qui enregistreraient l'intensité des courants d'une manière continue. M. Mascart croit même que l'on pourrait réussir à installer des enregistreurs d'un type spécial sur des lignes en fonction, par-

ticulièrement sur celles qui sont reliées à des appareils dont la marche est très régulière, comme c'est le cas pour l'appareil automatique de Wheatstone.

M. Blavier fait remarquer que les courants terrestres sont, en général, trop faibles pour être observés, comme le croit M. Mascart, sur des lignes en fonctions. Une autre cause de troubles serait la polarisation des électrodes des lignes ou différence de potentiel entre leurs extrémités. M. Blavier pense qu'on pourrait néanmoins entreprendre des expériences à ce sujet.

M. Mascart croit que l'emploi des lignes télégraphiques pour l'étude du magnétisme terrestre serait du plus grand intérêt. Il a remarqué l'an dernier qu'un orage magnétique s'était annoncé plusieurs jours à l'avance par des perturbations d'intensité croissante; puis qu'après avoir atteint le maximum ces perturbations s'étaient de même éteintes graduellement.

Les procès-verbaux des postes télégraphiques indiquèrent des courants accidentels qui présentaient les mêmes caractères. Les troubles commencent par être assez faibles, puis ils augmentent d'un jour à l'autre jusqu'à rendre impossible le travail télégraphique, après quoi ils disparaissent lentement. Le phénomène s'est représenté dernièrement sous la même forme, et c'est là probablement son allure générale. En pareil cas, les courants terrestres conservent pendant quelque temps une intensité assez grande pour qu'on puisse les observer, malgré les obstacles qu'a signalés M. Blavier. En conséquence M. Mascart propose d'observer les courants terrestres : 1° sur des fils spécialement consacrés à cet usage; 2° sur des lignes en service courant.

M. Militzer demande à M. Mascart quelles longueurs devraient avoir ces lignes.

M. Mascart répond qu'il suffirait qu'elles eussent une longueur de vingt kilomètres par exemple.

M. Helmholtz dit que l'on a pu faire des expériences sur des lignes de 1 à 2 kilomètres avec des galvanomètres ordinaires. Dans ce cas, il faut éviter la polarisation des électrodes placés aux extrémités de la ligne.

M. Mascart fait observer que la polarisation, étant à peu près constante, gêne très peu l'observation de la variation d'intensité des courants dus au magnétisme terrestre.

M. Helmholtz croit que l'on pourrait arriver à supprimer la polarisation, en employant, aux extrémités de la ligne, des plaques spéciales, entourées de peroxyde de manganèse, par exemple.

M. Blavier dit que souvent il a remarqué que les courants terrestres se

produisaient périodiquement et atteignaient leur intensité maximum à des heures déterminées de la journée.

M. Wild fait remarquer que les perturbations magnétiques suivent des périodes diurnes, ce qui explique les observations de M. Blavier.

M. Blavier ajoute que, contrairement à ce qu'on attendait, on a remarqué que lorsqu'on augmentait la longueur de la ligne, de manière à lui donner, par exemple, une résistance double, l'intensité du courant augmentait. La force électro-motrice augmentait par conséquent plus rapidement que la longueur de la ligne. Ces expériences ont eu lieu principalement sur des lignes souterraines.

M. Ludewig. Sur une demande d'une commission de la Société électrotechnique de Berlin, on a fait observer des courants électriques sur les lignes télégraphiques aux jours termes des expéditions polaires.

A défaut d'autres instruments, ces observations s'effectuent avec des galvanomètres à miroir dont la constante est déterminée avant et après les observations. Les résistances de toutes les lignes sont égalisées à l'aide de résistances artificielles. Les dérivations sont notées à des intervalles de 30 secondes, aux deux bouts des lignes allemandes. M. Ludewig met sous les yeux de la Commission des courbes obtenues à l'aide des observations préliminaires faites dans les premiers jours d'octobre.

Outre ces observations, faites avec les appareils dont dispose le service télégraphique, ledit Comité de la Société électrotechnique a fait employer à titre d'essai deux appareils, dont l'un est un enregistreur à noir de fumée que M. Siemens a bien voulu prêter à la Commission, et l'autre un appareil photographique reproduisant les déviations d'un galvanomètre à miroir sur des plaques de verre préparées. M. Ludewig soumettra à la Commission quelques-unes des épreuves ainsi obtenues.

Le Comité de Berlin croit qu'il serait utile, pour l'étude des courants terrestres, que des observations semblables pussent être faites sur de longues lignes télégraphiques, les unes parallèles, les autres perpendiculaires aux méridiens. La Commission sait qu'il ne sera pas possible, vu les exigences du service télégraphique, de faire des observations de longue durée; mais elle pense qu'on pourrait, chaque mois, mettre ces lignes à sa disposition pendant quelques jours, à des heures où le travail télégraphique est peu actif.

M. Militzer fait observer que la question qu'il a adressée à M. Mascart a quelques rapports avec les points traités par M. Ludewig. M. Helmholtz a dit qu'une ligne d'un ou deux kilomètres serait suffisante. Dans ces conditions, il serait facile de mettre à la disposition des observatoires météorologiques des

lignes spéciales très courtes. La polarisation des extrémités des fils serait trop grande dans les centres télégraphiques.

En outre, si ces lignes destinées aux observations avaient un parcours commun avec les fils télégraphiques, les courants transmis sur ceux-ci pourraient troubler les expériences. Aussi faudrait-il employer des fils tout à fait isolés des fils télégraphiques, et ces fils devraient être les uns parallèles, les autres perpendiculaires au méridien.

Dans le cas où des lignes courtes suffiraient pour les observations, la dépense serait peu élevée et pourrait être supportée par les services météorologiques.

M. Wild donne connaissance à la Commission d'un essai qui a été fait à l'observatoire de Pawlowsk sur deux lignes d'un kilomètre perpendiculaires l'une à l'autre.

Il serait intéressant de vérifier si les résultats obtenus concordent avec ceux qu'on recueille sur les lignes de grande longueur.

M. Lenz ajoute que de nouvelles expériences faites en Russie porteront sur six lignes d'environ 600 kilomètres chacune.

M. Helmholtz fait connaître que l'expédition polaire allemande fera des observations sur des lignes très étendues allant les unes du nord au sud, les autres de l'est à l'ouest, ainsi que sur des circuits télégraphiques fermés.

M. Militzer rappelle qu'à Munich on a étudié les courants terrestres sur des lignes extrêmement courtes, de 100 à 250 mètres, et que l'on a parfois observé des intensités notables. Il est donc possible qu'il ne soit pas nécessaire de faire des essais sur de longues lignes télégraphiques.

M. Mascart dit que s'il a indiqué de faibles longueurs pour les lignes à employer, c'est surtout pour ne pas effrayer les administrations télégraphiques par la perspective de dépenses considérables. Mais il est bien certain que les longues lignes sont préférables, car la force électro-motrice de polarisation, étant constante et assez faible, aura un effet relatif d'autant moindre que la ligne sera plus longue.

Sir W. Thomson (Grande-Bretagne) est d'accord avec M. Mascart sur l'intérêt qu'il y a à utiliser les lignes existantes. Sur les câbles où fonctionne le *siphon-recorder*, notamment le câble de Marseille à Alger, on pourrait disposer cet instrument de manière à enregistrer les courants terrestres pendant les interruptions du travail télégraphique. Il suffirait pour cela de supprimer le condensateur intercalé dans la ligne et au besoin de remplacer la

bande de papier ordinaire par une bande plus large. On obtiendrait ainsi, sans entraver le service, des résultats très intéressants.

Sur une observation de M. Wild, Sir W. Thomson fait remarquer que le *siphon-recorder* peut enregistrer des courants d'intensités très différentes lorsqu'on a soin de dériver le courant à l'aide de shunts convenablement choisis.

M. Tacchini dit qu'il n'est pas nécessaire de définir la longueur à adopter pour les lignes. Il suffirait de fixer une longueur minimum.

M. Helmholtz fait observer que sur des lignes courtes la polarisation des électrodes rend très difficile la mesure exacte de l'intensité des courants que l'on veut observer. Ainsi que l'a dit M. Mascart, sur de longues lignes l'effet de la polarisation se répartissant sur une plus grande résistance est beaucoup amoindri.

M. Militzer, tout en reconnaissant la justesse de l'observation de M. Helmholtz, objecte que sur les longues lignes télégraphiques on ne pourra éviter les dérivations d'un fil sur l'autre qu'en faisant cesser toute transmission au moment des observations.

M. Blavier fait remarquer que si la deuxième proposition de M. Mascart donne de bons résultats, la difficulté signalée par M. Militzer sera levée. On n'aura pas à faire cesser la transmission et on ne sera pas gêné par elle.

M. Kohlrausch (Allemagne) croit que ce n'est pas le courant qu'il importe de mesurer, mais bien la force électromotrice qui existe sur la ligne. Cette dernière quantité peut être estimée, soit par un électromètre, soit par un galvanomètre à grande résistance, intercalé pendant un temps assez court pour éviter l'influence de la polarisation.

M. Mascart dit que, d'après les renseignements fournis par M. Bergon, il serait possible de disposer d'une grande ligne du samedi soir jusqu'au lundi matin, au moins en France. On ferait ainsi des essais périodiques sur une longue ligne tout en installant sur des câbles de faibles longueurs des observations continues.

M. Mascart ajoute que, pour ces expériences, on devrait employer de préférence des lignes souterraines. Il se développe souvent sur les fils aériens des forces électromotrices considérables, dues à des causes diverses, telles que l'action de nuages voisins, les différences d'altitude ou de conductibilité du sol, etc. Il a constaté la présence d'une force électromotrice variable allant jusqu'à cinq ou six *volts*, entre deux stations distantes de 2 kilomètres, mais à des hauteurs très différentes.

Sir W. Thomson, après la remarque de M. Kohlrausch, croit devoir faire une rectification à ce qu'il a dit sur l'emploi du *siphon-recorder*. Ce n'est pas un *shunt* qu'il conseille d'employer, mais plutôt une grande résistance qu'il y aurait lieu d'intercaler dans le circuit pour réduire l'intensité du courant. C'est plutôt en effet la force électromotrice que l'intensité du courant qu'il s'agit de mesurer. Or, si l'on veut se servir des lignes actuelles, la polarisation apportera toujours aux mesures un obstacle que l'on réduira beaucoup par l'emploi d'instruments à grande résistance ou encore d'électromètres.

La suite de la discussion sur la question *C* est remise à la prochaine séance.

La séance est levée à quatre heures et demie.

Le Président,

WILD.

Les Secrétaires,

Henri BECQUEREL. E. GÉRARD.

ANNEXE.

CIRCULAIRE LUE PAR M. ÉVRARD (BELGIQUE).

À MESSIEURS LES SOUS-CHEFS DE SECTION DES TÉLÉGRAPHES.

Le Congrès d'électricité de Paris a exprimé les vœux de voir organiser par les administrations télégraphiques une étude systématique des courants terrestres, ainsi qu'un système d'observations de l'électricité atmosphérique et une statistique relative à l'efficacité des divers systèmes de paratonnerres en usage.

Je vous saurais gré de me communiquer les observations que vous auriez à faire sur les méthodes à employer pour arriver à rassembler les éléments de ces travaux. Je vous prie de vous renseigner, surtout en ce qui concerne les coups de foudre, près du personnel sous vos ordres et des employés avec lesquels vous êtes en relation, de manière à me faire parvenir un rapport contenant tous les faits importants qui ont accompagné les coups de foudre, dans votre circonscription, non seulement le long des lignes et dans les bureaux, mais encore en dehors du réseau télégraphique. Je vous demanderai dès maintenant de bien vouloir me faire parvenir, chaque fois qu'un coup de foudre a eu lieu, un rapport complet indiquant la marche du météore, les circonstances dans lesquelles il a apparu, les dégâts occasionnés. Comme il importe d'aboutir à des conclusions, je vous prie de ne pas vous borner à l'observation des coups de foudre le long du réseau, mais de me faire connaître aussi ce qui est relaté à ceux qui ont eu lieu dans les villes et dans les campagnes et pour lesquels vous pourriez vous procurer des renseignements précis. Ces renseignements nous permettront de nous faire une opinion au sujet d'une question qui n'a pu être tranchée par le Congrès de Paris, mais qui ne tardera pas à être soumise aux administrations : *Les fils télégraphiques et téléphoniques posés sur les édifices offrent-ils un danger au point de vue des effets de l'électricité atmosphérique?*

Lorsqu'un coup de foudre éclate le long d'une ligne, voici les renseignements que je désire recevoir :

Constater si les fils sont fondus, s'ils présentent des traces d'allongement et d'échauffement avant la rupture. Indiquer le numéro, le diamètre réel du fil, la longueur sur laquelle il présente des traces de foudroiement, fusion ou échauffement, volatilisation du zinc, la disposition et le nombre de fils et des poteaux, l'endroit auquel les fils prennent terre, la résistance qu'il y a jusqu'à la terre.

La hauteur, le diamètre, le nombre et le mode de préparation des poteaux foudroyés, la date de leur plantation; représenter autant que possible les dégâts produits

par la foudre; le nombre et la forme des isolateurs brisés, l'état des ferrures arrachées.

S'il y a eu des témoins de l'explosion, leur demander quels phénomènes ont accompagné l'explosion; les nuages étaient-ils bas? Y a-t-il eu éclair très long, foudre globulaire?

Le coup de foudre est-il venu pendant une trombe, une grêle, une pluie?

Dans le cas de trombe, quels ont été les ravages, suivant la trajectoire de la trombe?

L'explosion a-t-elle eu lieu près de bâtiments élevés, d'arbres, etc.? A-t-on observé des traces de torsion sur les arbres, sur les poteaux. A ce sujet, je rappellerai une observation de M. Montigny, c'est que sur la route de Rochefort à Dinant qui traverse une forêt et qui est bordée de peupliers du Canada, on a constaté que sur 480 arbres, 81 ont été frappés par la foudre, tous du côté où passe le fil et presque tous au-dessus du fil.

Dans le cas de coup de foudre dans un bureau, il faut rechercher la voie suivie par la foudre, les détériorations visibles aux appareils et aux fils, et m'adresser, en même temps qu'un rapport détaillé, les objets qui ont été frappés de la foudre. Si le paratonnerre a bien fonctionné, examiner les traces laissées sur le papier et me l'envoyer, examiner aussi les traces laissées sur les plaques de ligne et de terre du commutateur et des boussoles à sonnerie.

Il est inutile de faire ressortir l'importance qu'il y a, pour tous les bureaux, à avoir la terre la plus parfaite possible; il est nécessaire aussi que les fils de ligne, avant d'arriver à l'appareil, ne passetn pas à proximité de conduites d'eau ou de gaz. En Angleterre, un incendie a été produit par suite du rapprochement du fil d'un tuyau de gaz; lors de l'explosion, celui-ci a été fondu et le gaz a été allumé. On doit recommander au personnel de ne pas se placer trop près des fils, ni dans un courant d'air. Il convient de rechercher si les dégâts peuvent être attribués à des décharges directes (courants instantanés) ou à des courants d'induction. Je désire également que vous rassembliez tous les renseignements possibles pour établir la statistique des coups de foudre dans les lignes et dans les bureaux, la proportion de poteaux et d'appareils foudroyés, et je vous prierai de vous rendre compte de l'utilité qu'il y aurait à munir certains poteaux de paratonnerres.

J'attire votre attention sur la nécessité de vous occuper de tous ces points et de bien d'autres que je ne peux citer; veuillez donner des instructions dans ce sens à vos poseurs et leur recommander d'examiner consciencieusement toutes les traces laissées par la foudre, dans les bureaux et sur les lignes.

DEUXIÈME COMMISSION.

COURANTS TERRESTRES ET ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

TROISIÈME SÉANCE.

(VENDREDI 26 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. WILD.

La séance est ouverte à dix heures.

Sont présents :

MM. Wild, Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Ludewig, Militzer, le colonel Mansilla, Rousseau, Gerard, Van der Mensbrugghe, Évrard, Macartney, Tching-Tchang, Somzée, Hoffmeyer, Bergon, Blavier, Mascart, Argyropoulo, Tacchini, Ferraris, H. Becquerel, Baille, Broch, Bosscha, d'Azevedo, Lenz, Raynaud, Fr. Weber.

M. Mascart (France) donne lecture du procès-verbal de la première séance (17 octobre), avec plusieurs modifications apportées à la première rédaction. Le procès-verbal est adopté après une rectification de M. Bergon, dont il sera tenu compte à l'impression de cette pièce.

M. Mascart annonce à la Commission qu'il a pris des dispositions pour répondre au désir exprimé par M. Helmholtz dans la dernière séance. Les appareils enregistreurs de l'électricité atmosphérique installés au Collège de France sont prêts à fonctionner sous les yeux de la Commission, lorsque celle-ci le désirera. Ce matin même, il a constaté que l'air de son laboratoire était électrisé négativement, alors que le potentiel de l'air extérieur était positif.

M. le Président demande à la Commission quand elle désire visiter les appareils de M. Mascart, au Collège de France.

La Commission décide qu'elle fera cette visite ce jour même, à deux heures de l'après-midi.

M. Ludewig (Allemagne) met sous les yeux des membres de la Commission les cartes dont il avait parlé à la dernière séance. D'après les expériences qui ont été faites en Allemagne, les observations des courants terrestres sur les lignes aériennes donneraient à peu près les mêmes résultats que sur les fils souterrains,

M. Bergon (France) demande à M. Ludewig sur quelles lignes ont porté les expériences en question.

M. Ludewig répond que l'on a fait des observations simultanées sur des lignes aériennes et des lignes souterraines aboutissant aux mêmes extrémités, notamment à Berlin et à Hambourg. Il pense qu'il serait regrettable d'exclure les lignes aériennes, même dans les pays où l'on possède un réseau souterrain.

M. le Président dit qu'avant de continuer la discussion de la question C du programme, il conviendrait peut-être de prendre connaissance du questionnaire qui a été élaboré la veille par la Sous-Commission spéciale des paratonnerres, et qui vient d'être distribué aux membres de la Commission.

M. Mascart donne lecture de ce questionnaire.

« Première Partie. — *Coups de foudre en dehors des lignes télégraphiques.*

« 1° Localité. — Position géographique. — Heure;

« 2° Nature de l'objet frappé:

« Maison,
« Église,
« Monument public,
« Constructions en général,
« Arbres (espèces).
« Meules de paille ou de foin.
« Personnes. — Animaux.

} Mode de construction. — Matériaux. — Nature du toit et de la charpente. — Masses métalliques. — Poutres en fer, etc.

M. le Président dit qu'avant de passer aux articles suivants il serait utile de discuter ce qui vient d'être lu, et demande si quelques membres de la Commission ont des observations à présenter sur les points précédents.

M. Baille (Nicaragua) demande qu'après les mots: « Arbres, espèces » on ajoute « hauteur ».

Adopté.

M. Mascart donne lecture des articles suivants:

« 3° Position de ces objets. — Entourage.

« L'objet est-il isolé ou auprès des maisons ou d'arbres plus élevés; à quelle distance?

« Nature du terrain. — Y a-t-il des gisements métalliques ou des nappes d'eau dans le voisinage?

« 4° Nature des dégâts. — Route suivie par la foudre.

« Objets brûlés, fondus ou détruits. — Incendies consécutifs. — Effets mécaniques. — Transports de matériaux.

« Des conduites d'eau, de gaz ou de calorifères ont-elles été affectées?

« Paraissent-elles avoir joué un rôle dans les dégâts?

« Ces deux points sont successivement adoptés, et M. Mascart passe à la lecture du 5e article :

« 5° Existe-t-il un paratonnerre, soit sur l'objet frappé, soit dans le voisinage ?

« A quelle distance et quelle est la hauteur du paratonnerre par rapport à la position du coup de foudre ?

« Indiquer le système de paratonnerre et décrire sa construction. — Combien y a-t-il de tiges de communication avec le sol et quel est le diamètre des tiges ?

« État de l'appareil avant l'accident.

« État de la communication avec le sol.

« Nature des surfaces du contact avec le sol. Nature du terrain.

« Les paratonnerres sont-ils en communication avec les conduites d'eau et de gaz ? »

M. Rousseau (Belgique) dit qu'il n'est pas fait mention, dans cet article, du nombre des pointes et des tiges des paratonnerres, de leur longueur, et de leur section, de leur nature et de leur forme. Ces différentes mentions devraient figurer ainsi que la date de construction des paratonnerres, au questionnaire.

M. Rousseau propose en outre d'émettre le vœu que les paratonnerres fassent l'objet d'une inspection périodique.

Quant à la communication avec la terre, il y aurait lieu de mentionner l'étendue du contact et la manière dont il est effectué. Les données qu'on recueillerait au moyen de ces indications permettraient de juger de l'efficacité de la liaison des paratonnerres aux conduites d'eau et de gaz.

M. le Président invite la Commission à se prononcer sur les propositions de M. Rousseau.

M. Helmholtz (Allemagne) est d'avis qu'il serait intéressant en effet de mentionner l'étendue du contact des paratonnerres avec la terre et la na-

ture des plaques employées. Il n'a qu'une confiance très limitée dans l'efficacité des pointes.

M. Mascart relit le cinquième article modifié conformément aux observations de M. Rousseau.

Après cette lecture, M. Rousseau rappelle qu'il a proposé à la Commission d'émettre un vœu relatif à l'inspection périodique des paratonnerres.

La Commission décide que l'examen du projet de vœu de M. Rousseau viendra après la lecture complète des questionnaires.

M. Évrard (Belgique) dit qu'il ne serait pas sans importance de faire mention des masses métalliques qui peuvent exister dans le voisinage des paratonnerres.

Cette proposition est adoptée.

M. Van der Mensbrugghe (Belgique) demande que le questionnaire mentionne la nature des coups de foudre observés. Il existe particulièrement un cas qui est très intéressant : c'est le phénomène de la foudre globulaire.

M. Mascart dit que malgré les nombreux cas de tonnerre en boule que l'on a cités jusqu'ici, il n'en connaît pas un seul qui soit bien constaté. Un fait observé à Saumur tend à révoquer en doute l'existence même de la foudre globulaire. Après un éclair extrêmement vif, les observateurs virent une boule de feu qui se promenait dans la salle et qui passait sur des objets différents pour chacun d'eux. Le globe parut ensuite éclater, mais on peut attribuer ce jugement au bruit du tonnerre qui fit cesser l'illusion en détournant l'attention des observateurs.

Ce fait, constaté par plusieurs personnes dignes de foi, montre bien qu'il s'agissait alors d'une illusion d'optique relevant du domaine de la physiologie plutôt que de celui de la physique. Il paraît donc difficile de donner une place à cette forme de décharge dans le questionnaire.

M. Van der Mensbrugghe pense cependant qu'il y aurait intérêt à le faire, vu le grand nombre de témoins qui ont déclaré avoir observé le phénomène en question.

M. Évrard appuie la proposition de M. Van der Mensbrugghe. Il cite le cas de plusieurs hommes d'équipe de l'administration des télégraphes belges qui ont été témoins simultanément d'un exemple de tonnerre en boule.

M. Mascart croit que ces ouvriers ont très bien pu être victimes d'une illu-

sion et ajoute que, sans vouloir d'ailleurs nier l'existence du fait en principe, il ne connaît pas de témoignage scientifique et digne de foi à son appui.

M. Helmholtz dit que pour concilier les deux opinions en présence, on pourrait ajouter au questionnaire « Témoignage des personnes qui ont vu la foudre. »

La proposition de M. Helmholtz est adoptée.

M. Mascart donne lecture du sixième article du questionnaire.

« 6° Renseignements divers.

« Y a-t-il eu plusieurs coups successifs?

« Y a-t-il eu d'autres coups de foudre dans le voisinage, et à quelle distance?

« Pluie, grêle ou trombe avant le coup de foudre. »

Le sixième et dernier article est adopté.

M. Mascart fait remarquer que, dans la pensée de la Sous-Commission, ce questionnaire a pour but seulement de signaler les points sur lesquels il paraît utile d'attirer l'attention des observateurs; chaque administration disposerait les bulletins d'enquête sous la forme qui lui paraîtrait la plus avantageuse pour les travaux de statistique.

M. Mascart passe à la lecture du deuxième questionnaire :

« *Coups de foudre sur les lignes télégraphiques et téléphoniques ou dans les habi-* « *tations reliées aux fils.*

« 1° Localité. — Position géographique. — Heures.

« 2° Accidents sur les fils.

« Nature du fil frappé. — Diamètre.

« Mode d'installation. — Nature, dimensions et mode de préparation des poteaux. — Nombre de fils portés par les poteaux au point frappé. — Isolateurs. — Nature et mode d'installation. — Existe-t-il des paratonnerres sur les poteaux voisins? — Distance du point frappé aux postes voisins de part et d'autre.

« Dégâts sur la ligne à quelque distance du point frappé.

« Dégâts sur les objets voisins. — Nature de ces dégâts. — Fusion et volatilisation des métaux. — Transports métalliques. »

Ces deux articles sont successivement adoptés.

« 3° Accidents dans les habitations.

« Bureaux télégraphiques et postes télégraphiques. — Nature de la ligne. — Mode de construction. — Diamètre du fil.

« Mode d'installation des appuis voisins.

« Nombre de fils portés.

« Voie suivie par la foudre.

« Dégâts sur les paratonnerres. — Nature des paratonnerres. — Dégâts sur les appareils, sur les objets voisins, les personnes, etc. — Traces laissées sur les différents appareils, entre autres sur les plaques des commutateurs.

« Pour les postes téléphoniques indiquer la nature des appareils.

« Y a-t-il un microphone et une pile ? »

M. Bergon demande qu'au lieu de « diamètre du fil » on mette « nature et diamètre du fil. »

Adopté.

M. Évrard demande que l'on ajoute à ce questionnaire les mêmes points qu'au premier, savoir : « Nature de la communication au sol, etc. » ainsi que « Influence du voisinage des tuyaux de gaz ou d'eau. »

Adopté.

M. Somzée (Costa-Rica) demande que l'on fasse mention également du « Mode de jonction des tuyaux des conduites d'eau ou de gaz. » Ce point est important au point de vue de la continuité électrique des conduites.

Adopté. (Voir à l'Annexe n° 1 le texte définitif des questionnaires.)

Les deux questionnaires étant adoptés avec les modifications précédentes, la Commission reprend la suite de la discussion sur le point *C* du programme.

M. Raynaud rappelle que Sir W. Thomson avait indiqué le *siphon-recorder* comme un des instruments qui pourraient servir à l'observation des courants terrestres sur les câbles de Marseille à Alger. Il croit devoir faire remarquer que dans l'étude de ces courants il est nécessaire de spécifier la manière dont le fil est mis à la terre aux deux bouts. Il fait passer sous les yeux des membres de la Commission des diagrammes représentant les variations d'intensité suivant que les terres sont prises sur des plaques de cuivre plongées dans de l'eau douce, ou sur l'armature même du câble. En temps ordinaire la différence des ordonnées des deux diagrammes est constante. Mais lorsqu'il se produit des perturbations cette différence est très variable.

M. Mascart propose à la Commission d'émettre le vœu que les administrations télégraphiques consacrent exclusivement à l'étude des courants terrestres des lignes de petite longueur, sans exclure d'ailleurs les lignes aériennes.

MM. Bergon et Blavier sont d'avis qu'il est inutile de spécifier l'étendue des lignes demandées.

M. Mascart croit que l'expression *petite longueur* aura l'avantage de ne pas effrayer les administrations par des demandes qui leur paraîtraient exagérées.

M. Bosscha pense que l'on pourrait concilier les deux opinions en demandant *des lignes même de petite longueur.* — Adopté.

M. Militzer demande que l'on ajoute *indépendantes du réseau télégraphique.*

M. Helmholtz appuie la proposition de M. Militzer. Il dit que l'on ne pourra jamais disposer des longues lignes appartenant aux administrations que pendant un temps très restreint.

La proposition de M. Militzer est adoptée.

M. Bergon demande à M. Helmholtz quelle devrait être la longueur de ces petites lignes.

M. Helmholtz répond que des lignes de 2 à 5 kilomètres pourraient suffire.

M. Bergon ajoute qu'il serait à désirer que l'on indiquât le mode à adopter pour la prise de terre.

M. Mascart dit qu'il ne serait pas possible de fixer à cet égard des règles générales. On sera amené dans chaque expérience à prendre la terre qui paraîtra la meilleure.

M. Évrard fait observer que la date des 1er et 15 de chaque mois fixée pour l'observation des courants présente des inconvénients en raison de l'augmentation du trafic des dépêches à ces jours-là.

M. Mascart donne lecture de la proposition suivante, qu'il vient de rectifier conformément aux observations présentées par divers membres :

« La Commission exprime le vœu que certaines lignes, même de petites longueurs, indépendantes du réseau télégraphique général, soient consacrées d'une manière exclusive à l'étude des courants terrestres. »

Cette proposition est adoptée par la Commission.

Quant à la demande des longues lignes à certains jours, M. Mascart est d'avis qu'elle ne peut être formulée d'une manière aussi précise; on pourrait demander par exemple : « Que des lignes de grandes longueurs soient utilisées le plus fréquemment possible pour des recherches de même nature. »

M. Bergon objecte que cette formule n'est pas assez nette. Il faudrait indiquer dans ce vœu une sorte de programme auquel on se conformerait d'une

manière uniforme dans tous les pays. Les administrations accéderaient dans la limite du possible au désir de la Commission.

M. le Président répond à M. Bergon qu'il existe un programme d'expériences qui a été proposé par M. Wijkander et qui a paru dans le bulletin de la Commission internationale polaire. On pourrait en donner lecture à la Commission si celle-ci le désire.

M. Mascart lit une fragment de ce programme qui est inséré comme annexe au procès-verbal de la séance.

M. Militzer revient sur une remarque qu'il a déjà faite précédemment. Si l'on n'a pas des lignes spéciales, il ne suffira pas d'isoler les fils pour procéder aux observations. Il faudra faire cesser complètement le service sur tous les fils voisins.

M. Mascart pense que le trouble produit par les fils voisins ne serait pas aussi grand que le craint M. Militzer. L'induction sera peu gênante avec des galvanomètres amortis.

M. Militzer dit que, dans ces expériences, les dérivations sont plus gênantes que l'induction. Il y a des dérivations non seulement dans les postes, mais encore sur les lignes le long des poteaux.

M. Ludewig (Allemagne) croit que les observations ne présentent pas de difficulté entre 5 et 7 heures du matin, par exemple.

M. Bergon dit que si l'on ne fait des observations que pendant une heure, le matin et le soir, elles seront insuffisantes pour donner une idée exacte de la marche des phénomènes magnétiques, qui présente généralement des maxima vers une heure du matin et vers une heure de l'après-midi.

M. Blavier est d'avis qu'il n'y aura pas là d'inconvénients si les lignes spéciales de courtes longueurs donnent des résultats suffisants. Il y aurait donc lieu tout d'abord de faire des essais comparatifs entre les grandes et les petites lignes pour s'assurer qu'elles donnent des indications comparables.

M. Évrard dit qu'on atténuerait l'effet des perturbations produites par les fils télégraphiques voisins en posant les fils d'essai sur la tête des poteaux et en les isolant d'une manière plus soignée que d'ordinaire. Il constate de nouveau que les 1er et 15 de chaque mois présentent des inconvénients pour le trafic télégraphique, et qu'il serait préférable de choisir par exemple le 1er et le 2e dimanche du mois.

M. Hoffmeyer (Danemark) trouve la proposition de M. Mascart un peu trop générale. La Commission polaire a spécifié des jours termes que l'on ne saurait changer maintenant, et il importe de contribuer à cette entreprise internationale par des observations sur les lignes télégraphiques.

M. Mascart répond que la question des jours termes doit faire l'objet d'une troisième résolution que l'on discutera après avoir examiné les deux premières.

M. Ludewig dit que les Administrations ne peuvent accorder les fils télégraphiques que de bonne heure dans la matinée.

M. Blavier fait connaître que les observations se font en France depuis le 1er septembre aux jours termes, de 7 heures et demie à 9 heures du matin, et de 7 heures et demie à 9 heures du soir.

M. Wild (Russie) dit que l'on ne pourrait, dans le projet de vœu soumis à la Commission, spécifier les heures auxquelles doivent avoir lieu les observations. Cela donnerait lieu à trop de difficultés.

M. Mascart donne, en conséquence, lecture des propositions suivantes qu'il vient de compléter en tenant compte des observations qui ont été présentées par divers membres :

« 1° La Commission émet le vœu que certaines lignes, même de petite longueur, indépendantes du réseau télégraphique général, soient consacrées, d'une manière exclusive, à l'étude des courants terrestres.

« 2° En outre, la Commission émet le vœu que de grandes lignes, particulièrement des lignes souterraines, soient utilisées le plus fréquemment possible pour des recherches de même nature, ces lignes étant dirigées de préférence du sud au nord et de l'est à l'ouest, et l'observation ayant lieu le même jour, par exemple le dimanche, dans les différents pays.

« 3° Pour l'année courante en particulier, la Commission recommande que des observations régulières soient faites aux jours termes déterminés pour les expéditions polaires internationales le 1er et 15 de chaque mois. »

Ces trois propositions sont successivement mises aux voix et adoptées.

M. le Président invite la Commission à passer à la discussion du point D du programme ainsi conçu :

D. *Étudier les meilleures conditions d'établissement d'un réseau* télémétéorographique *international, permettant aux différentes stations de communiquer entre*

elles sans cesse, pour obtenir ainsi, d'une manière continue, l'état météorologique du plus grand nombre possible de points utiles.

M. Mascart dit que l'on a proposé et essayé plusieurs systèmes télémétéorographiques. Le Comité météorologique international réuni à Copenhague au mois d'août 1882 a reconnu les difficultés que présenterait actuellement la mise en pratique d'une organisation pareille.

M. Évrard regrette l'absence de M. Van Rysselberghe, qui aurait pu exposer à la Commission la manière dont son système fonctionne actuellement entre Bruxelles et Ostende. Le service télémétéorographique sera installé prochainement entre Bruxelles et Arlon d'une part, et Bruxelles et Maesyck d'autre part. Les lignes ont été placées par l'Administration des télégraphes aux frais de l'observatoire de Bruxelles.

M. Militzer rappelle qu'il avait été convenu au Congrès, sur la proposition même de M. Van Rysselberghe, qu'avant de généraliser l'établissement des réseaux télémétéorographiques, on commencerait par faire un essai dans la région nord-ouest de l'Europe. On n'aurait donc pour le moment qu'à attendre les résultats que donneront les réseaux établis, notamment en Belgique.

M. Hoffmeyer croit que la Commission pourrait dès maintenant signaler la nécessité de multiplier les communications météorologiques. On ne possède pas actuellement de théorie pour la prévision du temps, et l'on doit recourir au télégraphe pour avoir les renseignements météorologiques nécessaires pour le service du temps. En Amérique, il existe un service régulier, avec plusieurs séries de dépêches par jour, qui a donné les meilleurs résultats.

Il insiste sur l'importance que présente la prévision du temps et sur l'utilité qu'il y aurait d'améliorer le service des dépêches météorologiques.

M. Mascart répond que, malgré l'intérêt qu'auraient les représentants des bureaux météorologiques à recevoir l'appui de la réunion actuelle, il ne croit pas que ce sujet rentre dans le cadre du programme de la Commission. Celle-ci pourrait émettre toutefois le vœu que les Administrations se montrent désormais plus généreuses pour le service des dépêches météorologiques.

M. Tacchini fait observer que les Administrations pourraient favoriser davantage la transmission des bulletins.

M. Militzer est de l'avis de M. Tacchini; toutefois, en ce qui concerne les câbles transatlantiques, qui, pour la plupart, sont entre les mains de compagnies, il ne serait guère possible d'obtenir la gratuité des transmissions.

M. Hoffmeyer annonce que le Gouvernement danois est en pourparlers pour la pose d'un câble qui irait en Amérique par les îles Feroë, l'Islande et le Groënland. La Commission pourrait signaler à l'attention des Gouvernements l'importance du but à atteindre.

M. Tacchini appuie la proposition de M. Hoffmeyer.

La Commission décide qu'elle émettra un avis sur ce sujet comme le propose M. Hoffmeyer.

M. Mascart rédige et lit le projet de résolution suivant :

« Le moment ne paraît pas venu de donner suite au projet d'établissement d'un réseau télémétéorographique. Mais, en attendant, la Commission s'est montrée extrêmement favorable à toutes les mesures qui pourront faciliter le développement des dépêches météorologiques et améliorer le service de prévision du temps. »

Cette résolution est adoptée.

M. Rousseau rappelle qu'au commencement de la séance il a proposé d'émettre le vœu que les paratonnerres soient l'objet d'une vérification périodique. Il insiste sur ce point en raison du danger réel et permanent que présente un paratonnerre en mauvais état pour les bâtiments qu'il devrait protéger, ainsi que pour les bâtiments voisins.

M. Raynaud croit qu'une telle mesure serait très gênante pour les particuliers et offrirait plus d'inconvénients que d'avantages.

M. Rousseau fait observer qu'un paratonnerre peut être considéré comme un établissement dangereux et qu'à ce titre il devrait être soumis à une inspection analogue à celle qui existe pour diverses industries pouvant présenter des dangers.

M. Raynaud objecte que la mesure proposée par M. Rousseau, tout en étant très rationnelle, serait des plus difficiles à imposer.

M. Rousseau déclare qu'il suffirait, sans l'imposer, de la recommander.

M. Évrard appuie la proposition de M. Rousseau, ne fût-ce que pour dissiper certains préjugés qui ont cours auprès de beaucoup de personnes et qui leur donnent une confiance absolue dès qu'un paratonnerre existe sur leurs habitations. Il suffit qu'un paratonnerre soit mal construit ou qu'il ait été dérangé après sa construction, pour qu'il devienne au contraire une cause

d'accidents. Il ne serait donc que juste d'assimiler un tel engin aux chaudières de machines à vapeurs, lesquelles sont soumises à une inspection officielle.

M. Helmholtz doute que l'inspection d'un paratonnerre présente une grande utilité; s'il existe la moindre discontinuité dans les tiges conductrices, l'épreuve par le galvanomètre accusera une résistance énorme, mais l'étincelle éclatera facilement entre les deux parties du conducteur interrompu. Il n'y aura d'ailleurs pas par ce fait danger certain pour l'habitation, à moins qu'il ne se trouve tout près de l'interruption quelque matière combustible telle que du bois. Pour éviter tout danger il faudrait s'assurer de la conductibilité des tiges: un système reconnu conducteur par le galvanomètre serait certainement en bon état, mais dans le cas contraire il n'est pas sûr que le paratonnerre soit mauvais.

M. Rousseau constate que M. Helmholtz vient de montrer lui-même le danger auquel peut donner lieu un paratonnerre. Il demande en conséquence à la Commission de voter une proposition dans le sens qu'il a indiqué. La rédaction du vœu lui importe peu pourvu que l'inspection soit faite soit par le Gouvernement soit par les particuliers.

M. Wiedemann (Allemagne) constate qu'en Allemagne les Compagnies d'assurances ont demandé elles-mêmes qu'il fût procédé à une inspection semblable.

M. Ludewig dit que la vérification des paratonnerres a été faite pour les édifices publics, mais que pour les habitations privées elle sera probablement très difficile à réaliser.

M. le Président met aux voix le vœu « Que les paratonnerres soient soumis à une vérification périodique. »

La Commission adopte ce vœu par 10 voix contre 8.

La séance est levée à midi.

Le Président,
WILD.

Les Secrétaires,
Henri BECQUEREL, E. GÉRARD.

ANNEXE

À LA TROISIÈME SÉANCE DE LA DEUXIÈME COMMISSION.

NOTE

SUR L'OBSERVATION DES COURANTS ÉLECTRIQUES

DANS LES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES.

PAR M. A. WIJKANDER.

PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ DE GOTEBORG.

(EXTRAIT.)

On sait qu'il y a dans les lignes courtes tant de raisons perturbatrices que la valeur des observations en est beaucoup diminuée. Voilà pourquoi il est d'une grande importance d'employer de longues lignes télégraphiques afin de se rendre, autant que possible, indépendant des courants thermoélectriques et hydroélectriques qui sont plus vite affaiblis par la résistance des fils que les courants de terre. Il faudrait donc choisir dans chaque pays quelques lignes du N-S et quelques-unes de l'E-O, qui pussent être retirées du trafic à des époques données et être employées pour ces recherches.

Ces lignes devraient être prises aussi longues que possible et aller chacune à part sans interruption d'un bout à l'autre. Il serait à désirer que la détermination de la direction et de la force des courants fût faite au moyen de galvanomètres au moins à deux ou trois endroits sur chaque ligne, pour pouvoir découvrir et éliminer des irrégularités survenant par hasard le long des fils, par exemple à la suite de différences de hauteur, d'orages, etc. Aux endroits où l'on peut choisir, les câbles souterrains sont à préférer aux conduites passant au-dessus du sol, parce que celles-ci ne sont pas si sensibles aux courants de terre que les câbles. Au cas qu'on ne puisse pas disposer à la fois des lignes de l'E-O et des lignes du N-S, celles-ci sont d'une plus grande importance que celles-là.

L'attention des observateurs doit surtout se porter sur la détermination précise de l'époque où ils observent une direction certaine du courant et de celle où a lieu un changement de direction. C'est pourquoi il faut que les observations soient exécutées très fréquemment, selon les circonstances, chaque minute, toutes les trois ou toutes les cinq minutes. Les instruments enregistrateurs sont naturellement à préférer, si l'on peut s'en procurer. La force du courant doit aussi être déterminée; or, ces lec-

tures ne sauraient être regardées que comme des approximations très grossières, car différentes lignes établies entre les mêmes plans dévient considérablement les unes des autres. Les horloges employées doivent être comparées à des chronomètres, dont la marche est bien connue. La sensibilité des galvanomètres peut être réglée selon les circonstances.

Comme les difficultés de disposer pour ces recherches de longues lignes télégraphiques sont en général très grandes, il est nécessaire de réduire le temps au moins possible. Selon mon avis, les observations devraient embrasser aussi bien les heures où ont lieu des orages magnétiques, que quelques heures des jours de terme, convenus entre les observatoires magnétiques au dedans et au dehors des régions polaires et où des observations magnétiques seront faites au moins toutes les cinq minutes. Pendant les grands orages, comme le 31 janvier de l'année dernière, le trafic journalier est rendu impossible ou au moins si difficile à maintenir, qu'il ne saurait être difficile, pour les services de télégraphe, de céder même plusieurs lignes. Dans ces occasions, les courants de terre sont si forts, que les instruments des observatoires fixes, qui enregistrent les variations magnétiques, donneront probablement assez de matériaux pour en discuter la relation avec le magnétisme terrestre.

(Extrait du *Bulletin de la commission polaire internationale*, 3e livraison, p. 77. — 1882.)

DEUXIÈME COMMISSION.

COURANTS TERRESTRES ET ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE

QUATRIÈME SÉANCE.

(23 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. WILD.

La séance est ouverte à deux heures quinze minutes.

Sont présents: MM. Wild, Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Ludewig, Militzer, Fröhlich, Le Colonel Mansilla, Rousseau, Évrard, Gerard, Van der Mensbrugghe, Macartney, Tching-Tchang, Hoffmeyer, Bergon, Blavier, Mascart, Argyropoulo, Tacchini, Roiti, Ferraris, H. Becquerel, Broch, Bosscha, d'Azevedo, Lenz, Nyström, Fr. Weber.

M. Gerard (Belgique), secrétaire, donne lecture des procès-verbaux des 2e et 3e séances. Ces procès-verbaux sont adoptés après quelques rectifications demandées par divers membres et dont il sera tenu compte dans l'impression définitive.

M. Gerard lit le questionnaire relatif aux coups de foudre sur les lignes télégraphiques.

M. Évrard (Belgique) propose d'ajouter après « nature du fil frappé » la question suivante: « Y a-t-il aux environs de la ligne des arbres élevés ou d'autres objets pouvant attirer la foudre? »

M. Blavier est d'avis d'étendre la portée de l'indication en la formulant comme suit : « observations générales sur les lieux voisins ».

M. Mascart propose la rédaction suivante : « nature du fil frappé, — diamètre, — description des lieux dans le voisinage ».

Adopté:

M. Gérard donne lecture du questionnaire relatif aux coups de foudre en dehors des lignes télégraphiques.

M. Rousseau (Belgique) demande qu'il soit fait mention de la hauteur, du diamètre et du mode de terminaison des pointes de paratonnerres.

M. Mascart appuie la proposition de M. Rousseau et demande lui-même que l'on ajoute : « nombre, nature et disposition des pointes. »

La Commission adopte la rédaction suivante : « Pointes : — nombre, nature, disposition, hauteur, diamètre et mode de terminaison. »

M. Rousseau propose en outre que l'on ajoute : « nature des conducteurs. » Adopté.

L'ensemble des procès-verbaux ainsi que les questionnaires étant adoptés, la Commission décide la clôture de ses travaux, après avoir voté des remerciements à ses secrétaires.

La séance est levée à trois heures vingt minutes.

Le Président,

WILD.

Les Secrétaires,

Henri BECQUEREL, E. GÉRARD.

COUPS DE FOUDRE

EN DEHORS DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES.

1° Localité :

Position géographique. — Heure.

2° Nature de l'objet frappé :

Maison, Église, Monument public, Constructions en général,	Hauteur. — Mode de construction. — Matériaux. — Nature du toit et de la charpente. — Masses métalliques. — Poutres en fer, etc.

Arbres (espèce — hauteur).
Meules de paille ou de foin.
Personnes. — Animaux.

3° Position de ces objets. — Entourage :

L'objet est-il isolé ou auprès de maisons ou d'arbres plus élevés; à quelle distance? — Nature du terrain. — Y a-t-il des gisements métalliques ou des nappes d'eau dans le voisinage?

4° Nature des dégâts :

Route suivie par la foudre. — Objets brûlés, fondus ou détruits. — Incendies consécutifs. — Effets mécaniques. — Transport de matériaux.

Des conduites d'eau, de gaz ou de calorifère ont-elles été affectées? — Paraissent-elles avoir joué un rôle dans les dégâts?

5° Existe-t-il un paratonnerre, soit sur l'objet frappé, soit dans le voisinage?

A quelle distance et quelle est la hauteur du paratonnerre, par rapport à la position du coup de foudre?

Indiquer le système de paratonnerre et décrire sa construction. — Pointes : nombre, nature, disposition, hauteur, diamètre et mode de terminaison. Nombre des conducteurs le long du toit, leur forme, leur section, leur nature et leur diamètre. Nombre des tiges de communication avec le sol et diamètre des tiges.

État de l'appareil avant l'accident. — Date de la construction et de la dernière vérification, s'il y a lieu.

État de la communication avec le sol. — Nature, grandeur et forme des surfaces de contact avec le sol. — Nature du terrain.

Les paratonnerres sont-ils en communication avec les conduites d'eau et de gaz, et de quelle manière? Y a-t-il des masses métalliques dans le voisinage? Sont-elles reliées au paratonnerre?

6° Renseignements divers :

Y a-t-il eu plusieurs coups successifs? D'autres coups de foudre dans le voisinage, et à quelle distance?

Le coup de foudre a-t-il été précédé de pluie, de grêle ou d'une trombe?

Témoignage des personnes qui ont vu le coup de foudre.

COUPS DE FOUDRE

SUR LES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

OU

DANS LES HABITATIONS RELIÉES AUX FILS.

1° Localité :

Position géographique. — Heure.

2° Accidents sur les fils :

Nature du fil frappé. — Diamètre. — Description des lieux dans le voisinage.

Mode d'installation. — Nature, dimension et mode de préparation des poteaux. — Nombre de fils portés par les poteaux au point frappé. — Isolateurs. — Nature et mode d'installation. — Existe-t-il des paratonnerres sur les poteaux voisins? — Distance du point frappé aux postes voisins de part et d'autre.

Dégâts sur la ligne à quelque distance du point frappé.

Dégâts sur les objets voisins. — Nature de ces dégâts. — Fusion et volatilisation des métaux. — Transports métalliques.

3° Accidents dans les habitations :

Bureaux télégraphiques et postes téléphoniques. — Nature de la ligne. — Mode de construction. — Nature et diamètre du fil.

Mode d'installation des appuis voisins. — Nombre de fils qu'ils portent. — Voie suivie par la foudre. — Dégâts sur les paratonnerres. — Nature des paratonnerres. — Dégâts sur les appareils, sur les objets voisins, sur les personnes. — Traces laissées sur les différents appareils, entre autres sur les plaques des commutateurs. — Pour les postes téléphoniques, indiquer la nature des appareils. — Y a-t-il un microphone et une pile?

Nature de la communication avec le sol.

Influence du voisinage des tuyaux de gaz ou d'eau. — Mode de jonction de ces tuyaux.

TROISIÈME COMMISSION.

DÉTERMINATION D'UN ÉTALON DE LUMIÈRE.

PREMIÈRE SÉANCE.

(17 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. BROCH.

Étaient présents :

M. le Ministre des Postes et des Télégraphes, MM. Siemens, Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Fröhlich, le Colonel Mansilla, Rousseau, Gérard, Évrard, Van der Mensbrugghe, Somzée, Dumas, Allard, Bergon, Blavier, Sir W. Thomson, Argyropoulo, Pisati, Roiti, Ferraris, H. Becquerel, Baille, Broch, Bosscha, d'Azevedo, Lenz, Wild, Raynaud, F. Weber.

A trois heures quinze minutes, M. le Ministre des Postes et des Télégraphes prie la Commission de nommer un président.

M. Wiedemann propose M. Broch, qui est nommé par acclamation.

M. Broch prend place au fauteuil et propose de désigner comme vice-présidents MM. Wiedemann et Van der Mensbrugghe, qui sont nommés à l'unanimité.

MM. H. Becquerel et Gérard sont désignés pour remplir les fonctions de secrétaires.

M. Broch expose que le but de la réunion est de choisir un étalon définitif de lumière. La lampe Carcel est devenue insuffisante pour les besoins de l'industrie, et il est nécessaire d'avoir un étalon possédant un plus grand éclat. Diverses opinions ont déjà été émises au Congrès de 1881, et M. Broch demande de commencer immédiatement la discussion.

M. Wiedemann rappelle combien le choix d'un étalon lumineux est délicat en raison de la difficulté que l'on a de comparer des impressions lumineuses de diverses couleurs. Il ne pense pas que l'on puisse avoir une unité *absolue*, mais l'on devrait chercher, dans la pratique, des étalons de lumière comparables aux sources que l'on doit étudier, notamment à la lumière électrique. On a proposé de prendre du métal fondant, ce qui donnerait sans doute une unité absolue à une température constante ; mais il lui paraît difficile de fondre de l'argent ou du platine chaque fois qu'on aura besoin de faire des mesures photométriques. L'unité proposée autrefois par M. Draper, puis par M. Schwendler, et qui consiste dans l'incandescence d'un fil ou d'une lamelle de platine parcouru par un courant électrique d'intensité bien déterminée, paraîtrait plus pratique, si la moindre variation dans l'intensité du courant électrique ne donnait pas lieu à des variations considérables dans l'intensité et dans la qualité de la lumière. Il cite l'exemple suivant, emprunté à un travail de M. Zöllner :

Intensité du courant électrique.	Intensité de la lumière émise.	
	Rouge.	Verte.
140	300	8
170	8800	4000

Une autre méthode qui semble très pratique a été proposée par M. Vernon Harcourt : elle consiste en une lampe qui brûle un mélange de composition constante formé d'air et d'un hydrogène carburé, *le pentane*. A cet effet, on pourrait faire passer un courant d'air sous une pression et une vitesse constantes sur des éponges contenant l'hydrogène carburé en question, maintenu à une température rigoureusement fixe et le brûler dans une lampe dont les dimensions seraient déterminées. Dans ces conditions, le mélange aurait toujours la même composition. La lumière de cette lampe est plus blanche que celle du gaz d'éclairage, et se compare mieux à la lumière électrique.

M. Dumas pense qu'il y a grand intérêt à rechercher un type présentant une garantie absolue de constance, et, à ce point de vue, les dernières expériences de M. Violle sur la lumière émise par le platine au moment de sa fusion lui permettent de croire le problème résolu. Le point de fusion d'un corps paraît l'une des données les plus fixes que l'on puisse obtenir.

M. Wiedemann demande si l'on pourra ainsi avoir une source qui dure quelque temps : une heure, par exemple.

D'après Sir W. Thomson, ce qui est à désirer est une unité de lumière plus blanche que le *gaz*, qui lui-même est plus blanc que la *bougie*. La comparaison est du reste une affaire de jugement, et dépend de l'observateur.

M. Wiedemann dit qu'une mèche imprégnée d'essence de térébenthine brûlant dans l'oxygène donne une lumière très blanche.

M. Siemens propose, comme M. Wiedemann, d'employer un courant d'oxygène passant au travers d'un hydrogène carburé, maintenu à une température rigoureusement fixe, à 0 degré, par exemple. On aurait ainsi un mélange constant qui brûle avec une flamme blanche. Un compteur régulariserait le courant d'air. Cette disposition lui paraît une définition assez sûre.

Quant au platine fondu, il sera nécessaire de se mettre à l'abri du rayonnement des supports, et de regarder la surface fondue au travers d'un trou très petit. En raison des difficultés d'expériences, la méthode proposée par M. Wiedemann lui paraît plus pratique.

M. Helmholtz croit difficile de produire le mélange d'air et d'hydrogène carburé en proportion constante et de maintenir la température invariable à cause de l'évaporation du liquide sous l'influence du courant gazeux. Si la combustion s'effectue dans l'air atmosphérique, les mouvements de l'air influent sur la flamme comme sur celle d'une lampe Carcel. En somme, cette dernière mériterait plus de confiance. En ce qui concerne les sources électriques, la difficulté consiste à régler l'intensité du courant, mais on peut arriver à la surmonter dans la lampe Swan dont le foyer a l'avantage d'être à l'abri des courants d'air. L'intensité du courant peut se mesurer avec beaucoup de précision, en plaçant dans un circuit dérivé un élément constant, comme celui de M. Clarke. On peut aussi faire usage d'un élément à calomel, chlorure de zinc et zinc; la force électromotrice de ce couple est indépendante de la température; s'il n'y a pas de courant, elle se maintient pendant des années. En mettant un élément de ce genre et un galvanomètre dans la dérivation convenablement équilibrée, on peut contrôler la moindre variation d'intensité. On peut donc obtenir ainsi une source fixe, mais on ne peut mesurer la surface d'émission autrement qu'en comparant deux lampes placées dans les mêmes conditions; les étalons qu'on réaliserait de cette manière seraient, sinon absolus, du moins comparables entre eux. Le platine en fusion pourra donner d'excellents résultats, à condition que la surface soit exempte d'impuretés. Si l'on emploie un fil de platine, on constate que les plus petites irrégularités de la surface donnent une lumière beaucoup plus intense que les parties ordinaires. En attendant une solution définitive, on peut employer les lampes Swan à titre d'étalons relatifs.

M. Wiedemann dit que la disposition de M. Vernon Harcourt a donné en Angleterre des résultats satisfaisants.

En somme, il y a deux questions à envisager : pour les laboratoires, on pourra adopter la lampe Swan que l'on comparera à l'unité absolue; pour les

usages courants, tels que la mesure de la lumière du gaz ou des autres substances servant à l'éclairage des villes, il faut un système de mesure d'une application facile.

M. Siemens dit qu'il a expérimenté les lampes à incandescence, croyant qu'elles pourraient fournir un bon moyen de comparaison. La lumière émise par ces lampes est soumise a des changements. La quantité émise dépend de la température, et la température elle-même dépend de très petites irrégularités qui donnent des variations d'un tiers d'une lampe à l'autre; enfin la surface change avec le temps. En somme les lampes constituent un moyen de comparaison qu'il peut être utile d'employer, lorsqu'on l'a sous la main.

M. Dumas croit qu'une question domine toutes les autres; il faudrait employer une matière inaltérable amenée à une température fixe. Le platine à la température de sa fusion satisfait à cette double condition. Le problème ainsi simplifié, il reste à étudier les méthodes de comparaison et à discuter l'influence des couleurs. M. Dumas rappelle les expériences qu'il a eu occasion de faire avec M. Regnault pendant deux ans, en vue de l'organisation du bureau de vérification du gaz de la ville de Paris.

Il résulte de ces essais que toute cause qui occasionne la moindre différence dans la température de combustion, donne lieu à des variations considérables dans la quantité et la qualité de la lumière émise. Si, au contraire, on a recours à la fusion du platine, de l'or ou de l'argent, on a un phénomène d'une fixité absolue dont la pureté tient à ce que le phénomène est une incandescence sans combustion. L'argent a l'inconvénient de se combiner à l'oxygène; mais, en prenant l'or ou le platine, ou le platine iridié, on est certain d'avoir un type invariable. Si la Commission le désire, M. Violle pourrait être invité à venir donner de vive voix des explications sur ses expériences.

Cette proposition est approuvée par la Commission.

M. Broch dit que les membres de la Commission paraissent unanimes pour reconnaître la valeur de l'étalon fixe de M. Violle. Dans la pratique, on emploiera des étalons intermédiaires.

Sir W. Thomson pense qu'avec des intermédiaires, surtout avec un bec de gaz, on arrivera à de bons résultats. Pour les lampes à arc, il conviendra d'employer, comme second intermédiaire, une lampe à incandescence.

M. Siemens ajoute que, dans les lampes à arc, la plus grande clarté provient du point où le charbon se résout; l'intensité de la lumière émise par cette partie paraît constante, quelle que soit la longueur de l'arc; mais ce point est

variable. Pour avoir une bonne lumière, il faut arriver à rendre fixe cette partie extralumineuse du charbon positif.

Sir W. Thomson croit que, dans la lampe à arc, la température d'incandescence du point lumineux est celle de la volatilisation du carbone, ce qui expliquerait la constance du pouvoir éclairant constatée par M. Siemens.

M. Helmholtz, après avoir décrit brièvement le *leucoscope* et expliqué comment cet instrument permet de déterminer la qualité de la lumière émise par une source, fait connaître les expériences exécutées par M. König sur un grand nombre de lampes à arc et à incandescence au moyen de courants très intenses; en faisant croître la température jusqu'à ce que le charbon se vaporisât, il a trouvé que la couleur de la lumière, au moment de la vaporisation, était la même dans toutes les lampes et ne différait pas de celle de l'arc voltaïque; il semble donc que la quantité maximum de lumière émise par le charbon soit celle qui correspond à la température de volatilisation et soit réellement constante. Toutefois ces expériences ne peuvent être encore considérées que comme des essais dont les résultats doivent être acceptés avec réserve.

La séance est levée à quatre heures dix minutes.

Le Président,

BROCH.

Les Secrétaires,

Henri BECQUEREL, E. GÉRARD.

TROISIÈME COMMISSION.

DÉTERMINATION D'UN ÉTALON DE LUMIÈRE.

DEUXIÈME SÉANCE.

(20 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. BROCH.

La séance est ouverte à quatre heures et demie.

Sont présents :

MM. Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Fröhlich, le Colonel Mansilla, Rousseau, Gérard, Évrard, Van der Mensbrugghe, Somzée, Dumas, Bergon, Blavier, W. Thomson, Hopkinson, Argyropoulo, Pisati, Roiti, Ferraris, H. Becquerel, Baille, Broch, Bosscha, d'Azevedo, Phérékyde, Robesco, Bacaloglo, Lenz, Wild, Raynaud, Weber.

M. Broch. Ceux de MM. les Délégués qui viennent d'être témoins de l'expérience de la fusion du platine, à l'École normale, ont pu juger de l'intensité de la source que l'on propose pour étalon. Les diverses précautions pour isoler la lumière émanant du bain liquide, de celle qui émane de la chaux n'ont pas encore été arrêtées.

D'après le programme des travaux de la Commission, il y a lieu de s'occuper, non seulement du choix des étalons de lumière, mais de la discussion des méthodes photométriques; toutefois, la Commission, avant d'aborder cette seconde partie de sa tâche, pourrait entendre les explications de M. Violle sur l'étalon qu'il propose.

Sur l'assentiment de la Commission, M. Violle rappelle les expériences [1] qui l'ont amené à proposer comme étalon lumineux la lumière émise par un centimètre carré de platine à la température de fusion du métal.

---

[1] Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 4 avril et 23 mai 1881.

Ces expériences avaient pour but de déterminer la variation du rayonnement avec la température dans les différentes régions du spectre. On a successivement employé différents métaux pris à leur température de fusion, et en particulier le platine fondant. Dans ce dernier cas, une masse assez considérable de platine pur était fondue, d'après le procédé de MM. H. Sainte-Claire Deville et Debray, et amenée à une température supérieure au point de fusion. On supprimait l'arrivée du gaz dans le chalumeau; on enlevait le couvercle du four que l'on remplaçait par un double écran en tôle noircie percé d'un orifice d'un centimètre carré de surface. Le rayonnement du platine était alors reçu, en même temps que le rayonnement de la lampe Carcel type, sur un spectro-photomètre à bandes d'interférence. On tournait le nicol antérieur de façon à faire disparaître les franges dans la région du spectre que l'on étudiait. Puis, on déplaçait lentement le nicol de manière à ce que les franges ne reparaissent pas malgré le refroidissement du platine. A un certain moment la solidification commençait, un aide criait *top!* pendant tout le temps que le métal mettait à se solidifier, l'intensité de la lumière émise restait constante et l'on pouvait aisément établir avec exactitude la position correspondante du nicol. On avait pour cela une demi-minute, une minute, une minute et demie, suivant la quantité de métal employé. Quand la solidification s'achevait, un nouveau *top!* prévenait de ne plus toucher au bouton de l'analyseur. On faisait la lecture. On remettait le couvercle. On rendait le gaz au chalumeau, et quelques minutes après on pouvait recommencer une nouvelle mesure dans des conditions identiques, et ainsi autant de fois qu'on le jugait convenable. On a obtenu de cette manière les valeurs *relatives* suivantes :

$\lambda = 656$	$\lambda = 589,2$	$\lambda = 585$	$\lambda = 482$
C	D	(E = 527)	(F = 486)
7,829	8,932	9,759	12,16

correspondant à la température de fusion du platine, soit 1775° d'après l'auteur.

Plusieurs membres de la Commission ont pu voir, il y a un instant, au laboratoire de l'École normale un four que M. Debray avait fait disposer et au moyen duquel le platine pouvait être indéfiniment maintenu à sa température de fusion.

L'année dernière, M. Violle avait disposé avec Wiesnegg un creuset chauffé par-dessous et dans lequel une baguette de platine solide placée verticalement plongeait par sa base dans du platine fondu et, en fondant elle-même lentement, maintenait le bain à la température exacte de fusion.

Par l'un ou par l'autre de ces deux dispositifs, on pourrait donc avoir très longtemps du platine au point de fusion.

Mais, pour les mesures photométriques, la première disposition sera généralement suffisante.

M. Violle ne craint donc pas de recommander avec confiance son étalon dont M. Dumas a bien voulu dans la dernière séance faire ressortir les qualités essentielles.

M. Broch dit que, à son avis, le spectro-photomètre est certainement le meilleur instrument pour la mesure des sources très intenses dans lesquelles il faut distinguer les lumières des différentes parties du spectre. Il demande si M. Violle a comparé directement la lumière du platine à la lumière électrique.

M. Violle répond que les moyens expérimentaux lui ont manqué pour entreprendre cette comparaison.

M. Broch exprime l'avis que, pour la mesure des sources faibles, la meilleure solution consiste dans la comparaison avec un bec Carcel dont la puissance aura été déterminée par rapport à la lumière-type. Peut-être même, pour des sources très peu intenses, verra-t-on avantage à prendre pour terme de comparaison immédiat la bougie. Quant aux sources très puissantes, comme les lampes électriques, il faudrait les comparer directement à la lumière du platine en fusion. Cette dernière opération présente des difficultés qui ont déjà été signalées au sein du Congrès de 1881; il ne paraît pas qu'il ait été fait, du moins à la connaissance des membres présents, de nouvelles expériences à cet égard.

Sur une remarque de M. Wiedemann, M. Broch rappelle que, au Congrès de 1881, la lampe Carcel et la bougie ont été tour à tour proposées comme étalons pour la comparaison de la lumière du gaz d'éclairage. La lampe Carcel a une intensité égale à 9 fois et quelques dixièmes celle de la bougie (*Candle*); on adopte en général le chiffre 9,6. Il y a toujours une certaine incertitude sur la valeur des intensités de ces sources qui, dès lors, paraissent ne devoir être employées que comme des intermédiaires dont on déterminera, dans chaque cas, la valeur par rapport à une source fixe; la Commission croit-elle être suffisamment renseignée pour pouvoir accepter la source proposée déjà l'an dernier par M. Violle comme étalon prototype? Cette solution paraît la seule qui présente des garanties suffisantes, parce que le platine est inaltérable et qu'on peut toujours l'amener avec certitude à la température bien déterminée du point de fusion, en s'arrangeant de manière qu'une partie de la masse soit encore à l'état d'un solide. La seule difficulté consiste à se procurer du platine pur; mais les industriels se sont tellement occupés de cette question, qu'ils sont arrivés à pouvoir très facilement livrer ce métal exempt de toute matière

étrangère. Le platine est assez cher, mais il ne s'use pas, et d'ailleurs on n'aura à faire usage de l'étalon absolu que de temps en temps.

Il semble que la Commission pourrait proposer le choix de cet étalon à la Conférence générale des unités électriques.

M. Dumas (France) fait remarquer que, beaucoup de membres n'ayant pas vu l'expérience faite à l'École normale, on pourrait ajourner la décision sur ce point jusqu'à ce qu'elle ait été répétée en leur présence. On pourrait, en attendant, s'occuper des étalons pratiques. Si la Commission le juge convenable, elle pourrait entendre à ce sujet les explications de M. Leblanc, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, qui est chargé depuis quinze ans de la vérification du pouvoir éclairant du gaz d'éclairage de la ville de Paris. M. Leblanc s'est occupé de toutes les expériences nouvelles de photométrie, et les résultats qu'il a en sa possession pourraient être utiles à la Commission; il se ferait certainement un plaisir de donner à tous les membres l'occasion de voir par eux-mêmes les procédés employés dans les bureaux de vérification dont il a la direction. La Commission décide que ses membres se transporteront dans la matinée du 23 au laboratoire de M. Leblanc pour se rendre compte des procédés photométriques qui y sont employés.

M. Rousseau (Belgique) dit que, dans la comparaison des sources de lumière électrique, il y a lieu de se préoccuper d'une condition essentielle sur laquelle il a déjà attiré l'attention du Congrès de 1881, en introduisant la notion de ce qu'il propose d'appeler la *formule d'un foyer électrique*. Les radiations d'un foyer électrique ne sont pas comparables à celles d'une lampe ordinaire, car leur intensité varie avec leur direction, suivant une loi qu'il est essentiel de connaître. Si, par le foyer lumineux, on mène des droites dans toutes les directions de l'espace, et que, sur chacune d'elles, on porte une longueur proportionnelle à l'intensité de la lumière émise dans sa direction, on obtient, dans le cas d'une lampe ordinaire, une surface sphérique; mais, s'il s'agit d'une lampe électrique, on obtient, dans un grand nombre de cas, une surface de révolution dont l'axe correspond à la direction d'intensité maximum ou minimum. Cette intensité maximum, par exemple, étant déterminée, il ne reste plus qu'à connaître la loi suivant laquelle l'intensité dans une direction quelconque varie avec l'angle que forme cette direction avec celle de l'axe, car il est alors facile d'en conclure la quantité de lumière comprise dans un cône donné en tombant sur une surface donnée.

La recherche de cette loi de variation ne présente pas de grandes difficultés. Des expériences ont été faites l'an dernier au moyen de deux lampes Soleil; l'appareil, qu'il serait difficile de décrire sans le secours de figures, permettait de comparer les intensités de ces deux sources identiques, l'une

rayonnant suivant l'axe, l'autre suivant une direction quelconque. Les choses étaient disposées de telle sorte que les rayons faisaient des angles égaux avec a surface éclairée; les sources étant identiques, les effets de coloration n'intervenaient pas. Si l'on désigne par θ l'angle d'une direction quelconque de radiation avec la direction de l'axe, on constate que l'intensité, dans un plan perpendiculaire au dièdre entaillé dans le marbre varie proportionnellement à $\cos^2\theta$.

En admettant cette loi pour les autres plans passant par l'axe la quantité de lumière tombant sur une zone infiniment étroite, est alors proportionnelle à $\cos^2\theta \sin\theta d\theta$, et, en intégrant de o à θ, on obtient, pour la quantité de lumière comprise dans le cône d'ouverture θ, $\frac{1-\cos^3\theta}{3}$, tandis qu'avec une source ordinaire, on obtient, dans les mêmes conditions $1-\cos\theta$; le rapport de ces deux expressions donne $\frac{1+\cos\theta+\cos^2\theta}{3}$. Au lieu de faire usage du calcul, on peut aussi se servir d'une méthode graphique reposant sur l'emploi du planimètre. Une note contenant la description de cette méthode sera distribuée aux membres de la Commission et annexée au présent procès-verbal.

En présence du fait qui vient d'être signalé, il semble utile de demander que les expériences de photométrie appliquée aux sources électriques comportent la détermination de la formule du foyer, c'est-à-dire de la relation existant entre l'intensité lumineuse et la direction des rayons.

M. Wiedemann dit qu'on a entrepris à Munich des expériences pour la mesure des pouvoirs éclairants des lampes à arc et à incandescence dans de différents azimuts. Il est clair que, si l'on suspend à une certaine hauteur une lampe à arc dont le charbon positif occupe la position supérieure, la lumière intense émise par la cavité est reçue tout entière par l'œil d'un observateur placé au-dessous. Les comparaisons sont faites à Munich au moyen du photomètre de Bunsen, mais les résultats ne pourront guère être connus avant la fin de l'année.

M. Broch demande si les membres de la Commission ont d'autres observations à présenter sur la comparaison des lumières avec la lampe Carcel.

M. Viedemann dit qu'on a généralement adopté en Allemagne le photomètre de Bunsen avec quelques modifications. Le point le plus important est le choix de l'écran.

M. Broch ajoute que l'on s'est servi aussi du procédé de Foucault. Il pense que la méthode de Bunsen doit donner des résultats très satisfaisants pour les lumières de faible intensité.

M. Rousseau dit que, dans ses expériences de comparaison entre la lampe

Soleil et le bec Carcel par la méthode des ombres, les différences de colorations constituaient une grande difficulté. La méthode de Bunsen se prêtait mieux à ces recherches.

M. Broch rappelle que, dans la méthode de Bunsen, les deux sources lumineuses sont successivement placées derrière l'écran, et qu'on fait varier leurs distances jusqu'à ce qu'une tache stéarique qui se trouve sur cet écran cesse d'être visible ; bien entendu, les deux sources doivent toujours rester sur la normale menée à l'écran par le centre de la tache. Cette méthode est analogue à la méthode de la double pesée de Borda ; elle donne des résultats d'une très grande exactitude, même lorsque les deux sources présentent des différences de coloration, pourvu que ces différences ne soient pas trop considérables.

M. Wild (Russie) dit que les photomètres de polarisation, dans lesquels, comme par exemple dans celui qu'il a indiqué, les franges de Savart doivent disparaître à égalité d'intensité des sources, sont moins sensibles aux différences de coloration. Lorsqu'il s'agit de deux sources diversement colorées, ce sont surtout les rayons jaunes, les plus intenses pour l'œil, qu'on doit comparer ; on ne peut arriver à faire disparaître complètement les franges, mais on trouve que, pour une certaine position du nicol, leur intensité passe par un minimum ; c'est le moment où les intensités des rayons jaunes sont égales. On compare assez exactement, par ce procédé, des lumières très différentes de coloration, comme la lumière électrique et la lampe Carcel. Toutefois, les photomètres à polarisation sont trop délicats pour pouvoir être employés aux usages ordinaires.

M. Baille (Nicaragua) rappelle que M. Cornu a imaginé un photomètre fondé sur la variation de la surface d'admission au moyen de la disposition dite *œil-de-chat*. Il a pu ainsi comparer très facilement et très rapidement l'intensité des radiations lumineuses des différentes parties de la surface du soleil.

La séance est levée à cinq heures et demie.

Le Président,
BROCH.

Les Secrétaires,
Henri BECQUEREL, E. GÉRARD.

ANNEXE

À LA DEUXIÈME SÉANCE DE LA TROISIÈME COMMISSION.

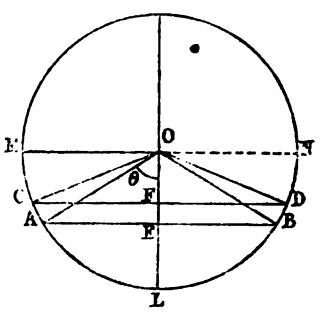
NOTE

sur la détermination de la formule photométrique des foyers électriques et l'appréciation comparative de ces foyers dans des cas déterminés d'éclairage, par M. ROUSSEAU, *professeur à l'Université libre de Bruxelles et à l'École militaire.*

Le pouvoir éclairant d'une source lumineuse qui rayonnerait également dans tous les sens peut être représenté, avec une exactitude suffisante pour les besoins de la pratique, par un certain nombre de bougies, lampes Carcel, ou autres étalons de lumière. Il n'en est pas de même, en général, pour les foyers électriques, dont l'intensité lumineuse varie d'une direction à une autre. Pour en apprécier la valeur et pouvoir les comparer entre eux dans les différents cas d'éclairage, il est indispensable de connaître ce que j'appellerai leur formule photométrique, c'est-à-dire la relation existant entre la direction des rayons et leur intensité relative.

Supposons que, sur les rayons menés par la source suivant différentes directions, on prenne des longueurs mesurant les intensités relatives de ces rayons, l'intensité maximum étant représentée par 1. Le lieu des points ainsi déterminés, qui serait une sphère, pour un foyer ayant la même luminosité en tous sens, aura dans le cas contraire une forme qui pourra s'écarter très notablement de la forme sphérique. J'appellerai cette surface la surface photométrique du foyer, et l'équation de cette surface sera la formule photométrique dont j'ai parlé plus haut.

Dans un grand nombre de cas, il y aura une direction, par exemple celle d'intensité maximum, ou celle d'intensité minimum, qui jouira de cette propriété que tous les rayons formant avec elle un même angle θ auront des intensités égales. La surface photométrique sera alors une surface de révolution ayant pour axe la direction susmentionnée, et la formule photométrique sera représentée par une expression de la forme $i = f.\theta$.



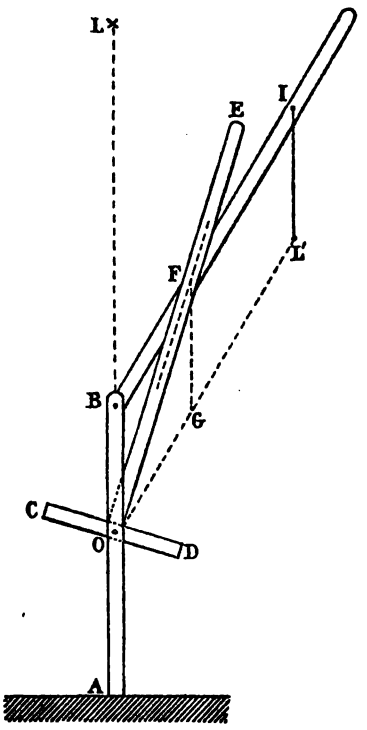
Pour déduire de cette fonction $f.\theta$ la mesure de la quantité de lumière contenue dans un faisceau conique dont les génératrices feraient avec l'axe de révolution de la surface un angle égal à θ, considérons une sphère de rayon 1, ayant pour centre le foyer, et cherchons la quantité de lumière reçue par la zone infiniment étroite déterminée sur la surface de cette sphère par les cônes AOB, COD dont les génératrices forment avec l'axe OE les

angles θ et $\theta + d\theta$. La surface de cette zone étant égale à $2\pi \sin\theta . d\theta$, la quantité de lumière qu'elle reçoit a évidemment pour valeur $f.\theta \times 2\pi \sin\theta . d\theta$, et l'intégrale de cette expression, c'est-à-dire $2\pi \int f.\theta \sin\theta . d\theta$, prise entre les limites o et θ, donnera la quantité cherchée. Pour une source lumineuse qui aurait dans tous les sens une intensité égale à l'intensité maximum, la quantité de lumière contenue dans le même faisceau serait $2\pi \int_0^\theta \sin\theta . d\theta$; par conséquent la valeur photométrique de la première, comparée à celle de la seconde, serait représentée par

$$\frac{\int_0^\theta f.\theta \sin\theta . d\theta}{\int_0^\theta \sin\theta . d\theta} = \frac{\int_0^\theta f.\theta \sin\theta . d\theta}{1 - \cos\theta}.$$

La quantité de lumière éclairant la demi-sphère MLN déterminée par le plan MN mené par le foyer O, perpendiculairement à l'axe OE, serait donnée par l'intégrale $2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} f.\theta . \sin\theta . d\theta$; et pour avoir la quantité de lumière répandue sur la sphère entière, l'intégration devrait se faire entre les limites o et π.

La détermination expérimentale de la fonction $f.\theta$ peut être obtenue, je pense, par des procédés assez simples, et absolument indépendants du choix de l'étalon que l'on adopterait comme unité, puisqu'il ne s'agit ici que de comparer entre eux, non les pouvoirs éclairants de sources différentes, mais les pouvoirs éclairants d'une même source ou de sources identiques rayonnant dans des directions différentes.



J'ai eu l'occasion, il y a environ un an, de procéder à des déterminations de ce genre faites sur la lampe Soleil, en collaboration avec MM. Bède, Desguins, Dumont et Wauters; il ne sera peut-être pas sans intérêt de décrire l'appareil fort simple que j'ai imaginé dans ce but, et qui a servi à nos expériences, cet appareil pouvant être appliqué, avec quelques modifications de détails, à toutes les déterminations de même nature.

Deux montants de bois fixés verticalement, et dont l'un est représenté en AB, servaient à maintenir un axe horizontal O autour duquel pouvait tourner une tablette de bois CD recouverte de papier blanc. Une règle de bois OE était fixée à cette tablette perpendiculairement à son plan. Une autre règle BI, articulée en B à l'extrémité du montant AB, était également articulée en F à la règle OE; la longueur BF avait été prise égale à OB, de sorte que le triangle OBF était isocèle; et, en faisant mouvoir ce point F le long d'une rainure longitudinale pratiquée dans la règle ME,

on pouvait faire varier à volonté l'inclinaison de la règle BI. Une lampe du type que l'on se proposait d'étudier était fixée en L, à une hauteur déterminée au-dessus de la tablette CD qu'elle éclairait dans une direction verticale; une autre lampe du même type et autant que possible de la même force, était attachée en L′ au moyen d'une tige verticale IL′ ayant une longueur égale à OB; et par conséquent la figure OBFG, formée en menant par le point F une parallèle FG à BO ou à IL′, est un losange. Il résulte de cette disposition que, quelle que soit l'inclinaison donnée à la règle BI et par suite au rayon L′O émanant de la lampe, inclinaison que l'on change, comme il a été dit plus haut, en faisant mouvoir l'articulation F le long de la rainure pratiquée dans la règle OE, les droites LO, L′O font avec le plan de la tablette CD′ des angles égaux entre eux.

Une tige fixée au-dessus de la tablette et parallèlement à son plan donnait lieu à la production de deux ombres dont la comparaison servait à la mesure des intensités relatives des rayons envoyés dans les directions LO, L′O. Pour déterminer ces intensités relatives pour une direction faisant avec LO un angle quelconque θ, il suffisait d'incliner la règle BI de manière à ce que l'angle formé par cette règle avec la verticale fût égal à θ, puis de rapprocher ou d'éloigner la lampe L′ en faisant mouvoir le point I le long de la règle IB jusqu'à ce que les deux ombres projetées sur l'écran CD fussent égales. Le rapport des carrés des distances OL′, OL donnait l'intensité relative cherchée.

Le principal avantage de cette méthode est que, comme on compare entre eux non des foyers de natures différentes, mais des foyers de même nature, et même autant que possible identiques entre eux, les colorations des ombres sont les mêmes et que dès lors la méthode des ombres doit conduire à de bons résultats.

Dans les expériences faites avec cet appareil, la lampe Soleil soumise aux essais avait une intensité maximum dans la direction verticale, et les intensités dans d'autres directions étaient représentées avec une exactitude remarquable par $i = \cos^2\theta$, en désignant par 1 l'intensité maximum, et par θ l'angle formé par la verticale avec la direction considérée.

Ces expériences n'ont été faites que dans un plan perpendiculaire à l'arête du dièdre entaillé dans le bloc de marbre de la lampe, le temps n'ayant pas permis alors de les compléter en étudiant les variations de l'intensité dans différents plans. On ne peut donc pas en déduire la forme exacte de la surface photométrique de la lampe. En supposant que cette surface fût de révolution autour de la verticale, les considérations exposées plus haut conduiraient à cette conséquence, que la quantité de lumière contenue dans un faisceau conique dont les génératrices feraient avec la verticale un angle égal à θ aurait pour cette lampe la valeur

$$2\pi \int_0^\theta \cos^2\theta \sin\theta . d\theta = 2\pi \frac{1-\cos^3\theta}{3}.$$

Pour un foyer qui aurait dans tous les sens une intensité lumineuse égale à l'intensité maximum 1, cette quantité serait

$$2\pi \int_0^\theta \sin\theta d.\theta = 2\pi(1-\cos\theta).$$

Comparée à ce foyer, la lampe aurait donc pour valeur photométrique, dans le cas dont il s'agit, la fraction

$$\frac{1-\cos^3\theta}{3(1-\cos\theta)}=\frac{1+\cos\theta+\cos^2\theta}{3}.$$

On voit que, pour de petites valeur de θ, ce rapport se rapproche sensiblement de 1; mais il s'en écarte de plus en plus et tend à devenir égal à $\frac{1}{3}$ à mesure que θ augmente et se rapproche de $\frac{\pi}{2}$.

Dans le cas de foyers ayant pour surface photométrique une surface de révolution, un certain nombre d'observations correspondant à des valeurs θ_1, θ_2, θ_3, θ_4, ... de l'angle θ permettraient de représenter la fonction θ par une expression de la forme

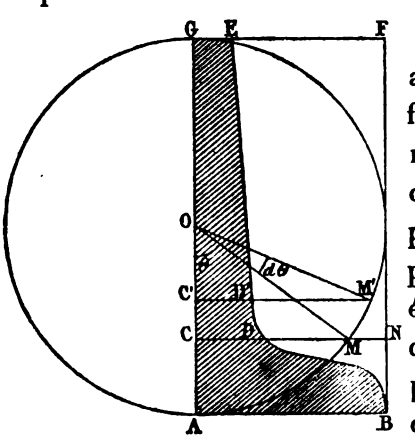
$$f.\theta=a+b\cos\theta+c\cos^2\theta+d\cos^3\theta+\ldots.$$

dans laquelle on donnerait aux coefficients a, b, c, d,... des valeurs satisfaisant aux résultats de ces observations.

La quantité de lumière contenue dans un cône dont les génératrices feraient avec l'axe l'angle θ aurait alors pour valeur

$$2\pi\int_0^\theta f.\theta\sin\theta.\,d\theta=2\pi\left[a(1-\cos\theta)+\frac{b}{2}(1-\cos^2\theta)+\frac{c}{3}(1-\cos^3\theta)\ldots\right].$$

Cette quantité de lumière peut aussi être représentée géométriquement d'une manière très simple par une surface, ce qui permet de l'évaluer sans calcul à l'aide du planimètre.



Imaginons en effet une circonférence de rayon 1 ayant pour centre le foyer O; soit OM un rayon faisant un angle θ avec la direction d'intensité maximum OA, que je suppose être l'axe de révolution de la surface photométrique; menons par M une perpendiculaire MC à OA et prenons sur cette perpendiculaire, à partir du point C, une longueur CD égale à $i=f.\theta$. Le lieu des points D ainsi déterminés donnera une courbe telle que BDE, et le produit par 2π de la surface ABDEG comprise entre cette courbe et l'axe AG sera la mesure de la quantité totale de lumière rayonnée dans tous les sens par le foyer considéré. La quantité de lumière contenue dans un cône d'angle θ serait représentée par le produit de 2π par la surface ABDC. Il est facile de reconnaître en effet que si l'on construit les ordonnées CD, C'D', correspondant aux rayons qui font des angles θ et $\theta+d\theta$ avec la droite OA, ces deux ordonnées comprennent entre elles une surface infiniment petite CC'D'D ayant pour valeur $f.\theta\sin\theta.d\theta$ dont le produit par 2π représenterait la quantité de lumière éclairant la zone correspondant à ces angles, et que, par conséquent, la somme de ces surfaces élémentaires, multipliée par 2π, donne la quantité totale de lumière contenue dans le faisceau.

Le rapport de cette quantité à la quantité qui serait produite, pour le même faisceau, par une source ayant dans tous les sens l'intensité maximum 1 est celui de la surface ABCD à la surface du rectangle ABNC, dont la hauteur AB est égale à l'unité.

Ces considérations, applicables aux foyers dont la surface photométrique est une surface de révolution, peuvent aussi servir, avec quelques changements, au calcul des effets produits par des foyers dont la surface photométrique serait quelconque. On arriverait à les déterminer en partageant la surface en un certain nombre de surfaces élémentaires par des plans menés suivant une direction donnée, par exemple celle d'intensité maximum, et l'on raisonnerait pour chacune de ces surfaces élémentaires en la regardant comme étant de révolution autour de cette direction, ce qui sera assez exact, si les surfaces élémentaires ainsi déterminées sont suffisamment étroites.

TROISIÈME COMMISSION.

DÉTERMINATION D'UN ÉTALON DE LUMIÈRE.

TROISIÈME SÉANCE.

(24 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. BROCH.

La séance est ouverte à dix heures.

Sont présents :

MM. Wiedemann, Helmholtz, Kohlrausch, Fröhlich, le Colonel Mansilla, Rousseau, Gérard, Évrard, Van der Mensbrugghe, Somzée, Bergon, Blavier, Mascart, Leblanc, W. Thomson, Argyropoulo, Pisati, Roiti, Ferraris, H. Becquerel, Baille, Broch, Bosscha, d'Azevedo, Robesco, Bacaloglo, Lenz, Wild, Raynaud, Fr. Weber.

M. H. Becquerel donne lecture des procès-verbaux des deux premières séances ; ces procès-verbaux sont adoptés.

M. F. Leblanc, faisant allusion à un passage du procès-verbal de la dernière séance, fait remarquer que le terme *bougie* n'a pas, par lui-même, une précision suffisante. Ainsi la bougie de type anglais diffère de la bougie de l'Étoile, généralement employée à Paris. En France, même, la bougie a dégénéré depuis l'époque de son invention à l'égard de son pouvoir éclairant.

En 1830, les premières bougies qui furent fabriquées chez M. de Milly et expérimentées par M. Péclet donnaient une lumière dont l'intensité était égale à $\frac{1}{7}$ Carcel. Les bougies de cette qualité sont devenues introuvables. Les meilleures qui se fabriquent en France ne valent plus que $\frac{1}{8}$ Carcel, et, en Angleterre même, où la bougie sert aux comparaisons de lumière, son emploi a été l'objet de vives critiques. Il résulte des mesures effectuées à l'Exposition d'électricité de 1881 que le nombre de bougies en sperma ceti équivalant à un bec

Carcel, varie de 8,8 à 9,5. Une Commission anglaise, dont faisait partie M. le professeur Williamson, a adressé l'année dernière au *Board of Trade*, un rapport dans lequel elle signale que des bougies prises dans deux paquets différents, provenant d'une même fabrique, peuvent donner des écarts de 14 à 15 p. o/o.

Sir W. Thomson (Angleterre) demande si ces écarts dans le pouvoir éclairant n'étaient pas accompagnés d'écarts dans la quantité de matière consommée ; s'il en était ainsi, les différences observées s'expliqueraient d'une façon toute naturelle.

M. Leblanc dit que le règlement qui détermine le procédé de mesure du pouvoir éclairant du gaz d'éclairage à Londres, spécifie la consommation de bougie pendant un temps donné. On a donc tenu compte, dans les expériences, du poids de matière brûlée. Les écarts observés proviennent probablement de différences dans les mèches et dans la quantité de cire d'abeilles introduite en vue d'empêcher la cristallisation du sperma ceti. Telle paraît être la source des divergences observées, non seulement par la Commission anglaise, mais aussi par M. Leblanc dans ses expériences.

M. Broch (Norvège) donne lecture, à titre de proposition personnelle, d'un projet de résolution ainsi conçu :

« La troisième Commission de la Conférence propose d'adopter en principe comme étalon prototype lumineux la lumière émise par un centimètre carré de surface de platine à la température de fusion, tout en réservant aux expérieces nouvelles la recherche des meilleures dispositions pour employer cet étalon.

« Comme étalons secondaires usuels, la Commission recommande l'emploi de la lampe Carcel, système de la vérification du gaz au bureau municipal de Paris *et des bougies bien soignées*.

« Pour les comparaisons de précision, la Commission recommande l'emploi de spectro-photomètres et d'autres méthodes scientifiques qui substituent des mesures exactes à l'appréciation physiologique d'un éclairage moyen.

« Pour les comparaisons usuelles, elle exprime le voeu que des expériences soient faites pour déterminer le degré de précision des diverses méthodes photométriques, notamment celles de Foucault, de Bunsen et de Rumford.

« La Commission réitère la décision du Congrès de 1881, en vertu de laquelle toute détermination photométrique d'un foyer électrique et en général de tout foyer qui rayonne différemment dans les différentes directions, doit comprendre comme élément essentiel la formule du foyer, c'est-à-dire la relation qui existe entre l'intensité lumineuse et la direction des rayons. »

M. Broch fait remarquer que ce texte établit une distinction nette entre l'étalon-prototype et entre les étalons secondaires usuels, entre les comparaisons de précision et les comparaisons usuelles.

Il invite la Commission à discuter la proposition article par article et donne de nouveau lecture du premier paragraphe ainsi conçu :

« La troisième Commission de la Conférence propose d'adopter en principe comme étalon prototype lumineux la lumière émise par un centimètre carré de surface de platine à la température de fusion, tout en réservant aux expériences nouvelles la recherche des meilleures dispositions pour employer cet étalon. »

Sir W. Thomson (Angleterre) est d'avis que cette rédaction est trop affirmative. La Commission doit se borner à rapporter qu'elle a été saisie d'une proposition relative à l'emploi du platine fondant et exprimer le désir de voir se produire des expériences établissant que ce procédé est d'une réalisation pratique.

M. Wild (Russie) déclare appuyer fortement la déclaration de Sir W. Thomson. Tout en entretenant l'espoir fondé que le moyen en question permettra, dans l'avenir, d'obtenir l'unité désirée, la Commission ne possède pas assez d'expériences photométriques exactes sur l'étalon de platine pour pouvoir accueillir une proposition aussi formelle.

M. Bacaloglo (Roumanie) n'a pas d'objection fondamentale à faire contre le choix de l'étalon de platine, dont la lumière possède le double avantage d'être blanche et fixe, mais croit devoir présenter quelques observations de détail.

Outre que l'étalon de platine, par sa nature même, n'est pas à la portée de tous, il importe de remarquer que sa surface éclairante, étant celle d'un métal en fusion, est nécessairement horizontale. Or l'intensité des rayons émis dans la direction verticale n'est pas la même que celle des radiations tangentielles; en réalité, cette intensité varie selon l'angle que fait la direction considérée avec la verticale. Lorsqu'on voudra faire une comparaison, il faudra donc employer les rayons verticaux, ce qui, en pratique, présentera des difficultés.

Il faut également se préoccuper d'une autre question.

On ne croit pouvoir accepter ni la lampe Carcel ni la bougie comme étalons, parce que ces deux sources ont des intensités variables; d'un autre côté, on reconnaît que l'étalon de platine devra être nécessairement accompagné d'étalons intermédiaires. Or, si ces derniers manquent de constance, le choix du prototype fixe n'augmentera pas la sécurité des mesures. En pratique, l'étalon de platine n'existera que dans les capitales ou les villes les plus importantes des divers États; pour effectuer les mesures dans les villes de moindre importance, on devra venir comparer la lampe Carcel ou la bougie à l'étalon déposé; mais, si l'étalon secondaire ne garde pas sa constance, le rapport qui

aura été déterminé ne pourra plus présenter aucune confiance, une fois rapporté dans l'endroit où il devrait être utilisé.

Peut-être l'idée suivante, qui ne doit être considérée jusqu'à présent que comme purement théorique, serait-elle de nature à résoudre la question d'une façon absolument satisfaisante. Tout le monde admet aujourd'hui que la lumière est un phénomène mécanique, et que l'intensité lumineuse équivaut à un travail mécanique. Si l'on parvenait donc à évaluer l'équivalent mécanique de la lumière, on se trouverait en possession d'une unité absolue donnant des résultats théoriquement et pratiquements exacts.

Dans cet ordre d'idées, M. Bacaloglo a songé à employer le radiomètre, mais, ne disposant à Paris d'aucun moyen expérimental, il a fait simplement une expérience grossière en employant successivement la lumière d'une bougie et deux bougies pour exciter un appareil; il a constaté que, dans le second cas, la vitesse de rotation était sensiblement double. M. Wiedemann, à qui il a fait part de cet essai, l'a informé que M. Zöllner s'est occupé de la question, mais n'est encore arrivé à aucune conclusion. L'influence du verre du radiomètre est d'ailleurs inconnue.

En résumé, l'étalon de platine fondant n'est pas d'un usage très pratique, et il est à désirer que les physiciens se préoccupent de l'évaluation de l'équivalent mécanique de la lumière.

M. Wiedemann (Allemagne) propose d'adopter, pour le premier paragraphe, la rédaction suivante :

« *La Commission reconnaissant que les recherches faites jusqu'à présent donnent lieu d'espérer que la lumière émise par le platine fondant pourra conduire à un étalon absolu, émet le vœu que ces expériences soient poursuivies.* »

M. Broch estime que les expériences faites jusqu'à ce jour ont établi que la température constante du point de fusion peut être maintenue pendant un temps suffisant; ce qui reste à étudier, c'est la meilleure méthode d'appliquer le phénomène à la photométrie. Si la question était présentée dans le texte sous cet aspect, le champ de recherches se trouverait mieux circonscrit.

M. Dumas a clairement défini la nature de la solution à adopter en recommandant l'emploi d'un corps inaltérable maintenu à une température constante; les seuls corps qui satisfont à ces conditions sont les métaux purs et inaltérables, c'est-à-dire l'or et le platine. On pourrait accepter en principe l'étalon de platine comme prototype, et provoquer des recherches seulement sur son mode d'emploi. Comme l'a fait remarquer M. Bacaloglo, il est certain qu'il faudra toujours se servir des radiations normales à la surface du métal. En ce qui concerne le choix d'un travail mécanique comme unité d'intensité lumineuse, il présenterait certainement l'avantage d'être plus théorique, mais

sa réalisation présente de très grandes difficultés, dont l'emploi du radiomètre ne semble pas pouvoir fournir la solution.

M. Bosscha (Pays-Bas) est d'avis de déclarer que l'emploi du platine est recommandable au point de vue théorique, mais que de nouvelles expériences sont nécessaires pour confirmer cette vue.

M. Broch répond que cela résulte des mots « donnent lieu d'espérer » qui sont contenus dans le texte proposé par M. Wiedemann.

M. Mascart (France) comprend que la Commission n'exprime une opinion sur la valeur de l'étalon proposé qu'avec certaines réserves; toutefois la rédaction de M. Wiedemann lui paraît une atténuation très suffisante du texte primitif.

M. Broch déclare se rallier au texte proposé par M. Wiedemann.

Ce dernier texte est mis aux voix et adopté.

M. Broch donne lecture du second paragraphe de sa proposition, ainsi conçu :

« Comme étalons secondaires usuels, la Commission recommande l'emploi de la lampe Carcel, système de la vérification du gaz au bureau municipal de Paris, *et des bougies soignées.*

Plusieurs membres font remarquer qu'il existe différents types de bougies.

M. Lenz (Russie) dit qu'on ne peut recommander l'usage de la lampe Carcel, car les différences dans la pureté de l'huile et dans la nature des mèches sont une source de difficultés; aussi cette lampe n'est-elle employée ni en Allemagne, ni en Russie, ni en Angleterre.

M. Broch répond que la lampe Carcel ne sera employée que comme un étalon intermédiaire à comparer avec le prototype. Toutefois, dans un même lieu, à Paris, par exemple, la lampe Carcel est très constante, parce que la mèche et l'huile proviennent toujours d'une fabrication identique. Rien n'empêche d'ailleurs de comparer de temps en temps entre eux les étalons intermédiaires.

M. Leblanc précise les conditions dans lesquelles l'intensité lumineuse du bec Carcel est constante. Ce bec est employé depuis plusieurs années dans les bureaux de vérification du gaz d'éclairage de la ville de Paris; dans ces mesures, il est accordé 1/10 de latitude pour le gaz, et 1/10, en plus, ou en moins, pour la consommation d'huile de la lampe Carcel. Or, les employés chargés de

la vérification acquièrent une expérience telle qu'ils réduisent beaucoup, en pratique, cette dernière limite; ils règlent très exactement la consommation entre 41 et 42 grammes par heure. Les circonstances qui influent sur cette consommation sont très nombreuses, mais elles ont été étudiées suffisamment pour qu'on puisse les corriger, à coup sûr. La nature de la mèche, la qualité de l'huile, le diamètre du bec, la nature et les dimensions du verre, la température, etc., sont parfaitement réglés dans l'introduction de MM. Dumas et Regnault. L'expérience montre que, lorsque deux ou trois personnes ont séjourné pendant une heure dans la chambre d'essais, le régime de la lampe se trouve influencé; cette chambre doit donc être munie d'un système de ventilation. Une balance automatique, construite par M. Deleuil, permet de faire la tare de la lampe à chaque observation, en sorte qu'on arrive à modifier son régime jusqu'à ce que la consommation horaire soit ramenée à sa valeur normale. La lampe Carcel est assez coûteuse et délicate, elle ne peut guère servir que dans les installations très soignées; mais pour faciliter les expériences, on peut avoir recours à toutes les lampes dans lesquelles le réservoir d'huile est situé au-dessous du bec, et où la force ascensionnelle est constante. On peut même employer des lampes modérateur d'une construction soignée et comparées à la lampe Carcel; les résultats ainsi obtenus dans les villes de province et même à l'étranger sont très satisfaisants. Il faut faire usage de deux lampes, dont chacune sert alternativement pendant un jour; lorsqu'une lampe reste plusieurs jours sans fonctionner, l'huile s'épaissit et le mécanisme se détériore. Toutes les conditions de constance du pouvoir éclairant de la lampe ainsi remplies, les résultats photométriques qu'elle donne présentent une très grande exactitude.

Pour les travaux du Comité spécial de l'exposition d'électricité de 1881, on s'est servi avec avantage de la lumière de la lampe Carcel comme étalon. Elle présente toutefois, pour la comparaison des sources électriques, un inconvénient, à cause de la différence de coloration; mais si l'on remarque que les sources électriques ne sont jamais très constantes, et qu'il faut prendre la moyenne de beaucoup d'expériences, en sorte que les résultats ne peuvent être exprimés en Carcel qu'à 1/15 près, on conclut que cette objection a peut-être moins de valeur qu'on pourrait le supposer. MM. Clausius, Crookes et Hagelbach ont estimé les résultats photométriques de différentes sources de la même manière et sont arrivés aux mêmes résultats que MM. Allard et Leblanc en opérant séparément. Cette comparaison a montré que l'équation personnelle de l'observateur influe assez peu; les chiffres moyens concordaient dans les limites qui viennent d'être indiquées.

M. Wiedemann demande si M. Leblanc pense que la comparaison des sources électriques pourrait se faire à l'aide d'une lampe dans laquelle on

brûle le pétrole à sa température de vaporisation; la flamme de cette lampe est plus blanche que celle de la lampe Carcel.

M. Leblanc répond que les critiques dont la bougie a été l'objet en Angleterre ont amené M. Vernon Harcourt à essayer la flamme de l'hydrure d'amyle (*le pentane*) saturant un volume déterminé d'air; mais, outre qu'il n'est pas toujours facile de se procurer cette substance pure, il faut une disposition spéciale pour la vaporiser, et la saturation de l'air par la vapeur combustible dépend de la température. Ces difficultés ont décidé la Commission à maintenir l'emploi de la bougie, tout en recommandant de se servir du procédé de M. Vernon Harcourt, lorsque cela est possible. Quant à l'usage du carbure, il faut être sûr qu'il a une composition bien déterminée, et étudier attentivement les conditions de fonctionnement du bec, comme on l'a fait pour la lampe Carcel. Le pouvoir éclairant de la lampe à pétrole est plus grand que celui du bec Carcel, à dimensions égales et à consommation égale de liquide. Une étude spéciale serait également nécessaire pour éviter les dangers qui peuvent résulter de l'emploi de certains pétroles.

M. Helmholtz (Allemagne), faisant allusion aux écarts de consommation de matière dans la combustion des bougies, demande que le paragraphe en discussion soit complété par l'addition des mots « et contrôlées, quant à la consommation ».

MM. Leblanc et Wild proposent les mots « à composition bien déterminée ».

M. Helmholtz restreint sa proposition à l'addition des mots « et contrôlées ».

M. Bosscha pense, comme M. Wild, que l'expression « soignées » est trop vague.

M. Lenz fait observer qu'il y a des bougies stéariques et autres; le texte ne spécifie point desquelles il est question.

M. Bosscha dit qu'il faut choisir un type bien déterminé.

M. Leblanc répète que des bougies prises dans deux paquets du même fabricant ne donnent pas toujours les mêmes résultats; le mélange des substances obtenues par saponification calcaire et sulfurique n'est pas toujours fait dans les mêmes proportions.

M. Roiti (Italie) propose de diviser le paragraphe et de voter séparément sur l'emploi de la lampe Carcel et sur l'emploi des bougies.

M. Van der Mersbrugghe (Belgique) appuie cette proposition et voudrait qu'on renonçât complètement à l'emploi des bougies dont le pouvoir éclairant varie d'une façon déplorable.

Sir W. Thomson dit que la bougie est d'un usage trop facile et trop commode, dans bien des cas, pour qu'on puisse songer à y renoncer; les différences signalées disparaîtraient très probablement, si on faisait pour la bougie une étude soignée comme celle dont la lampe Carcel a été l'objet, et si on précisait les conditions dans lesquelles elle doit être employée.

M. Broch partage l'avis de Sir W. Thomson et pense que, pour la comparaison des sources faibles, il faut disposer au moins de deux étalons usuels.

M. Mascart croit nécessaire de scinder le paragraphe, comme le propose M. Roiti, et suggère la rédaction suivante :

« Comme étalon usuel secondaire, la Commission recommande l'emploi de la lampe Carcel, système de la vérification du gaz du bureau municipal de Paris.

« Les bougies peuvent servir également, si l'on prend assez de soin pour assurer l'identité de composition, de forme, de construction et de consommation. »

M. Leblanc propose de remplacer les mots « du bureau municipal de Paris » par les suivants : « dû à MM. Dumas et Regnault. » Il croit également utile pour la pratique d'ajouter à la première phrase les mots « ou d'un système équivalent ».

Sir W. Thomson appuie les deux propositions de M. Leblanc : la première, parce qu'il convient de rappeler les noms des deux savants dont les travaux sont cause de l'adoption de la lampe; la seconde, parce que tout le monde peut, sans avoir un bec Carcel à sa disposition, prendre les précautions nécessaires pour régler normalement la consommation d'huile, et, par conséquent, l'intensité lumineuse d'une lampe possédant les dispositions réglementaires. Ce qui est essentiel dans le système de MM. Dumas et Regnault, ce n'est pas l'emploi d'une lampe Carcel, ce sont les soins qu'ils ont recommandés, et ces soins doivent être mentionnés dans la rédaction.

M. Broch donne lecture de la première phrase ainsi modifiée : « *Comme étalon secondaire, la Commission recommande l'emploi de la lampe Carcel, système de la vérification du gaz dû à MM. Dumas et Regnault, ou d'une lampe équivalente employée avec les mêmes soins.* »

Cette rédaction est mise aux voix et adoptée.

M. Broch donne lecture de la seconde phrase ainsi conçue :

« *Les bougies peuvent servir également, si l'on prend assez de soin pour assurer l'identité de composition, de forme, de construction et de consommation.* »

Cette phrase est mise aux voix et adoptée à l'unanimité.

M. Broch donne ensuite lecture du paragraphe suivant de sa proposition:

« Pour les comparaisons de précision, la Commission recommande l'emploi de spectrophotomètres et d'autres méthodes scientifiques qui substituent des mesures exactes à l'appréciation physiologique d'un éclairage moyen. »

M. H. Becquerel ajoute que la seconde partie du texte qui précède a pour objet de ne pas exclure diverses méthodes dont plusieurs demandent à être perfectionnées mais qui pourraient donner de très bons résultats. De ce nombre, est l'actinomètre électro-chimique. On sait que si, à l'abri de la lumière, on plonge dans de l'eau légèrement acidulée deux lames daguerriennes en communication avec le galvanomètre, et qu'on vienne à faire tomber un rayon lumineux sur la surface impressionnable de l'une des deux lames, on observe un courant électrique dont l'intensité est proportionnelle à l'intensité lumineuse. Si, au lieu de préparer la plaque comme le faisait Daguerre, on la recouvre d'un composé particulier, le sous-chlorure d'argent violet, l'appareil fournit alors des indications très précieuses. Le sous-chlorure d'argent violet est ce composé si intéressant qui, dans la chambre noire, donne la photographie des couleurs; la lumière rouge se peint en rouge, le jaune en jaune, le bleu en bleu, les teintes diverses se reproduisent avec leur teinte, et ce que nous appelons la lumière blanche donne une impression blanche sur la plaque.

Bien plus, la plaque est sensible uniquement dans les mêmes limites que la rétine, depuis le rouge extrême jusqu'au violet. Si sur l'appareil qui vient d'être cité on fait tomber successivement les rayons lumineux qui correspondent aux diverses régions du spectre, on observe des courants d'intensités différentes, et ces intensités sont à très peu près proportionnelles aux intensités lumineuses relatives déterminées avec tant de difficulté par Frauenhofer.

L'appareil est donc une véritable rétine artificielle, pour laquelle la notion de couleur n'intervient plus.

Sous forme de courant électrique l'appareil totalise les impressions produites par les diverses couleurs. C'est là un renseignement dont il conviendrait d'étudier la valeur. L'actinomètre serait substitué à l'œil, et l'on pourrait établir une comparaison entre les effets des sources lumineuses, en les éloignant plus ou moins de l'appareil, de manière à donner naissance à des courants électriques d'égale intensité.

Les comparaisons faites par cette méthode permettraient peut être de dé-

finir les conditions d'égalité d'intensité de deux couleurs différentes, qui physiologiquement ne sont pas comparables.

M. Wiedemann dit que les derniers mots des paragraphes proposés comprennent les méthodes les plus diverses.

M. Helmholtz demande quel avantage la Commission voit à l'usage du spectrophotomètre.

Sir W. Thomson fait remarquer qu'il est très intéressant de connaître l'intensité des différentes radiations qui constituent une source lumineuse donnée. Si l'on détermine seulement l'intensité totale, on ne peut connaître les variations que subira la qualité de la lumière lorsque la distance de la source lumineuse vient à varier. Pour les phares, par exemple, dont la lumière est inégalement absorbée par l'air, cette question a une très haute importance, et les faits que M. H. Becquerel vient d'exposer doivent être pris en très sérieuse considération. Quelques ingénieurs, entre autres le docteur Hopkinson, ingénieur du service des phares de la Grande-Bretagne, se préoccupent de cette analyse pour la mesure des sources lumineuses, et leurs rapports contiennent toujours les différents nombres de bougies auxquelles équivaut la source pour les radiations rouges et vertes, qui sont celles dont l'intensité se conserve le mieux à de grandes distances.

M. Mascart dit qu'il est difficile de donner des prescriptions pour les recherches photométriques d'ordre scientifique, car les savants ont toute liberté pour le choix de leurs moyens d'investigation.

La rédaction suivante, tout en signalant l'utilité d'analyser la lumière, permettrait peut être d'éviter les inconvénients d'une indication trop précise des méthodes :

« Pour les expériences de précision et pour certaines applications, la comparaison des lumières doit être faite par une analyse des différents éléments qui les constituent. »

M. Bosscha voudrait qu'on précisât ces applications en indiquant qu'il s'agit de la transmission de la lumière à travers l'atmosphère.

M. Mascart fait remarquer que l'application indiquée par M. Bosscha est loin d'être la seule.

Pour l'éclairage des appartements, par exemple, la coloration de la lumière a une importance capitale, non pas seulement au point de vue du goût, mais au point de vue physiologique.

Sir W. Thomson propose d'introduire les mots « notamment pour les phares ».

Cette indication, émanée de la Conférence, aurait certainement la plus heureuse influence sur l'avancement des méthodes photométriques dans le service des phares, qui intéresse à un degré si élevé la sécurité d'une partie de l'humanité.

M. Broch donne lecture de la rédaction suivante:

« *Pour les expériences de précision et pour certaines applications, telles que les phares, la comparaison des lumières doit être faite par une analyse des différents éléments qui les constituent.* »

Ce paragraphe est mis aux voix et adopté.

M. Broch lit ensuite le paragraphe suivant:

« Pour les comparaisons usuelles, la Commission exprime le vœu que des expériences soient faites pour déterminer le degré de précision des diverses méthodes photométriques, notamment celles de Foucault, de Bunsen et de Rumford. »

M. Wiedemann demande qui fera ces expériences.

M. Broch répond que ce paragraphe a pour but d'indiquer la voie dans laquelle la Commission désire voir entrer les physiciens disposés à s'occuper de recherches photométriques.

Sir W. Thomson observe que la méthode de Rumford est la plus ancienne et demande que le nom de ce physicien soit inséré dans le texte avant ceux de MM. Foucault et Bunsen.

M. Wild fait remarquer que Ritchie a aussi imaginé un procédé photométirque.

M. Broch dit que l'on pourrait terminer le paragraphe après les mots « des diverses méthodes photométriques », de façon à ne pas restreindre le champ des recherches.

Sir W. Thomson dit que la méthode de Rumford donne des résultats à $\frac{1}{100}$ près, lorsque les sources à comparer sont de même nature, et que, dans ce cas, on ne peut imaginer de procédé plus exact. Lorsque les sources ne sont pas semblables, il est impossible de viser à cette approximation, quant à la lumière effective totale, quels que soient les moyens auxquels on ait recours.

M. Helmholtz ne voit pas d'utilité à placer sous le patronage de la Commission un travail de comparaison que chaque physicien peut facilement entreprendre.

M. Broch demande si la Commission croit pouvoir recommander telle ou telle méthode.

Sir W. Thomson dit que le choix de la méthode à employer dépend, dans chaque cas, de circonstances particulières. La méthode de Rumford, lorsqu'elle est applicable, fournit d'excellents résultats; celles de Foucault et de Bunsen peuvent aussi dans certaines conditions être d'un usage très sûr. Il est bon d'indiquer que l'emploi soit des polariscopes soit d'appareils de mesure, très délicats, compliqués et coûteux, n'est pas indispensable pour faire des mesures exactes.

M. Leblanc appuie la proposition de Sir W. Thomson et pense qu'on peut appliquer à la photométrie le mot de Gay-Lussac : « Il n'y a pas de mauvaise méthode, il n'y a que de mauvais observateurs. »

M. Broch dit qu'il résulte des délibérations du Congrès que la Commission a le devoir de se prononcer sur les mesures photométriques.

M. Helmholtz est d'avis de supprimer entièrement le paragraphe qui fait l'objet de la discussion.

Sir W. Thomson propose l'adoption pure et simple du paragraphe, après interversion des noms de Foucault, Bunsen et Rumford.

M. Wild demande que ces trois noms soient supprimés.

M. Broch donne lecture du praragraphe ainsi rédigé :

« Pour les comparaisons usuelles, la Commission exprime le vœu que des expériences soient faites pour déterminer le degré de précision des diverses méthodes photométriques, notamment celles de Rumford, de Foucault et de Bunsen. »

Ce paragraphe mis aux voix, n'est pas adopté.

M. Broch lit ensuite la rédaction ainsi abrégée :

« Pour les comparaisons usuelles, la Commission exprime le vœu que des expériences soient faites pour déterminer le degré de précision des diverses méthodes photométriques. »

Cette nouvelle rédaction n'est pas adoptée. En conséquence, le paragraphe est supprimé.

Sir W. Thomson déclare protester contre la décision que vient de prendre la Commission, et demande que le procès-verbal de la séance spécifie qu'il a voté pour l'adoption de la première rédaction. A son avis, les méthodes pho-

tométriques dont il est question, et notamment celle de Rumford, lorsqu'elle peut être facilement appliquée, donnent de bons résultats.

M. Broch donne acte à Sir W. Thomson de sa déclaration, qui sera insérée dans le procès-verbal de la séance.

M. Broch lit le dernier paragraphe ainsi conçu:

« *La Commission réitère la décision du Congrès de 1881, en vertu de laquelle toute détermination photométrique d'un foyer électrique et, en général, de tout foyer qui rayonne différemment dans les différentes directions doit comprendre comme élément essentiel la formule du foyer, c'est-à-dire la relation qui existe entre l'intensité lumineuse et la direction des rayons.* »

Ce paragraphe est mis aux voix et adopté.

La séance est levée à midi.

Le Président,
BROCH.

Les Secrétaires,
Henri BECQUEREL, E. GÉRARD.

DEUXIÈME SÉANCE DE LA CONFÉRENCE.

(JEUDI 26 OCTOBRE 1882.)

PRÉSIDENCE DE M. AD. COCHERY,

MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

Étaient présents :

MM. les Délégués qui assistaient à la précédente séance;

Et en outre :

Pour les États-Unis d'Amérique :

MM. Trowbridge, professeur à l'Université d'Harward;
H. A. Rowland, professeur à l'Université de John Hopkins.

Pour la France :

M. Allard, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur des phares;

Pour la Grande-Bretagne :

Sir William Thomson, F. R. S., professeur à l'université de Glasgow;
M. Le Dr Hopkinson, F. R. S.

Pour la Turquie :

M. Lacoine-Effendi, Directeur du bureau technique de l'Administration des télégraphes.

La séance est ouverte à 3 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président donne la parole à MM. les rapporteurs des trois Commissions nommées par la Conférence, en les priant de vouloir bien faire connaître le résultat des travaux de ces Commissions.

M. J.-B. Dumas, Président de la première Commission (*Détermination des unités électriques*), donne lecture du rapport suivant :

« Messieurs,

« La Commission que vous avez chargée d'étudier les méthodes propres à la détermination des unités électriques vient vous soumettre les résolutions qu'elle a cru devoir proposer à votre adoption.

« Elle en avait renvoyé l'examen à une Sous-Commission à laquelle était réservée la bonne fortune d'entendre les savants les plus éminents, tels que MM. Helmholtz et sir William Thomson, développer leurs vues élevées au sujet des méthodes employées ou proposées jusqu'ici, et sur la question considérée dans toute sa généralité; M. Lorenz exposer, de son côté, la belle méthode qu'il a imaginée; MM. Bosscha, Kohlrausch, Mascart, Roiti, Siemens, Fr. Weber, Wiedemam et Wild apporter tour à tour à la discussion le précieux concours d'une expérience acquise par une longue pratique des phénomènes électriques et d'une érudition profonde embrassant tous les éléments qu'ils concernent.

« Après avoir discuté la valeur de chaque méthode et après avoir étudié minutieusement les points faibles qu'elles présentent, ainsi que les moyens d'y remédier, la Sous-Commission a proposé à la Commission, qui les a acceptées, les résolutions suivantes que nous avons l'honneur de soumettre à votre approbation :

PREMIÈRE RÉSOLUTION.

« *La Commission considère que les déterminations faites jusqu'à présent n'offrent pas encore le degré de concordance qui serait nécessaire pour fixer la valeur numérique de l'Ohm en colonne mercurielle.*

« *Elle estime donc qu'il y a lieu de poursuivre les recherches.*

« *Sans pouvoir émettre un avis motivé sur les méthodes diverses qui n'ont pas encore reçu la consécration de l'expérience, elle considère les suivantes comme particulièrement propres à donner des résultats très exacts :*

« *1° Induction d'un courant sur un circuit fermé. (Kirchhoff.)*

« *2° Induction par la terre. (W. Weber.)*

« *3° Amortissement des aimants mobiles. (W. Weber.)*

« *4° Appareil de l'Association britannique.*

« *5° Méthodes de M. Lorenz.*

« *D'autre part, il est à désirer qu'on détermine de nouveau la quantité de chaleur dégagée par un courant d'intensité connue, cette expérience ayant pour but soit de contrôler la valeur de l'Ohm, soit de fixer plus exactement l'équivalent mécanique de la chaleur.*

« Malgré les précautions prises par les observateurs, les résultats obtenus dans les divers pays, qui devraient tous conduire à un nombre unique, présentent encore des divergences notables.

« On a pensé que ces écarts ne tenaient peut-être pas uniquement aux méthodes elles-mêmes, mais à des différences entre les étalons qui ont servi à faire les comparaisons ou à des perturbations locales.

« Sur la proposition de M. Helmholtz, la Sous-Commission et ensuite la Commission ont émis l'avis qu'il conviendrait de faire circuler dans les laboratoires des divers pays un ou plusieurs étalons de comparaison soigneusement contrôlés au départ et à l'arrivée. Ces étalons seraient soumis, dans les divers pays, à des épreuves expérimentales variées; on déterminerait leur résistance électrique, et si alors les mêmes discordances persistaient dans les diverses mesures relatives au même étalon, le désaccord ne serait imputable qu'aux méthodes elles-mêmes ou aux conditions locales dans lesquelles se font les expériences. Les divergences ainsi obtenues fourniraient les termes de correction dont il conviendra d'affecter les mesures faites dans chaque laboratoire. Dans la pensée de la Commission, ces étalons devraient être solides et aussi inaltérables que possible.

« La Commission vous propose donc la résolution suivante :

DEUXIÈME RÉSOLUTION.

« *La Conférence exprime le vœu que le Gouvernement français prenne les mesures nécessaires pour qu'un même étalon ou plusieurs étalons de résistance soient mis à la disposition des savants qui s'occupent de recherches absolues, afin de rendre les comparaisons plus faciles.* »

« Grâce au moyen de contrôle que nous vous demandons, il est permis d'espérer que les nouveaux résultats différeront très peu les uns des autres, et que l'on sera prochainement en mesure de compter sur une grande approximation dans la détermination de l'unité pratique de résistance.

« Cependant les méthodes se perfectionnent de jour en jour, et la science expérimentale devient progressivement plus exigeante pour la précision des résultats. Il est très probable que les mesures effectuées maintenant ne répondront plus, dans quelques années, à l'exactitude qu'il sera possible d'atteindre alors.

« La Commission a pensé que, tout en laissant la liberté la plus complète au développement des recherches scientifiques exactes, il était nécessaire de donner, le plus tôt possible, satisfaction aux intérêts industriels, en fixant comme étalon pratique une valeur suffisamment approchée de l'unité théorique.

« *La Commission est d'avis qu'au moment où les résultats des diverses recherches*

présenteront une concordance permettant de répondre de l'approximation d'un millième, il conviendra de s'arrêter à cette approximation pour fixer la valeur de l'étalon pratique de résistance. »

« En terminant, la Commission a exprimé le vœu :

« *Que le Gouvernement français veuille bien transmettre aux Gouvernements représentés à la Conférence un vœu tendant à ce que chacun d'eux, en considération de l'importance d'une solution pratique et de son urgence, prenne les mesures nécessaires pour favoriser les recherches de ses nationaux relatives à la détermination des unités électriques.* »

A la suite de quelques observations de M. Kohlrausch au sujet de la première des résolutions proposées par la Commission et tendant à un changement de rédaction, qui est accepté d'un commun accord, les conclusions du rapport de la première Commission sont mises aux voix et adoptées à l'unanimité.

M. Wild, Président de la deuxième Commission (*Électricité atmosphérique et courants terrestres*), donne lecture du rapport suivant :

« Messieurs,

« En ma qualité de Président de la seconde Commission, j'ai l'honneur de soumettre à l'Assemblée générale le rapport suivant des travaux de cette Commission :

« La deuxième Commission avait à traiter quatre différentes questions qu'elle a examinées et discutées successivement dans trois séances.

« Voici ces questions et les résultats auxquels ont mené les discussions :

« *1° Préciser les méthodes d'observations pour l'électricité atmosphérique, afin d'en généraliser l'étude à la surface du globe.*

« Après avoir constaté que les observations de l'électricité atmosphérique à différents endroits pourraient donner des résultats certains et comparables entre eux, en y observant les prescriptions indiquées par Sir William Thomson et en rendant les observations continues, *la Commission a résolu de recommander aux Gouvernements les observations régulières et continues de l'électricité atmosphérique et de leur demander d'étendre l'étude détaillée des orages à tous les pays.*

2° Réunir les éléments statistiques relatifs à l'efficacité des paratonnerres des divers systèmes et à l'action préservatrice ou nuisible des réseaux télégraphiques et téléphoniques.

« La Commission a constaté que les données nécessaires pour une telle statistique n'existent presque nulle part, et elle a en conséquence, pour pouvoir en

disposer à l'avenir, élaboré deux questionnaires, l'un pour les coups de foudre sur les lignes télégraphiques et téléphoniques ou dans les habitations reliées aux fils, et l'autre pour les coups de foudre en dehors de ces lignes. *Elle recommande de communiquer ces questionnaires aux Gouvernements, afin d'attirer leur attention sur ce sujet et d'obtenir ainsi des renseignements assez complets et uniformes pour la comparaison des effets observés dans les différents pays.*

« En connexion avec cette question, la Commission a décidé d'émettre *le vœu que les paratonnerres soient partout soumis à une vérification périodique.*

3° Organiser l'étude systématique des courants terrestres sur les lignes télégraphiques ou du moins les observations de ces courants aux jours termes *spécifiés par la Commission polaire internationale à l'époque de ses expéditions (le 1er et le 15 de chaque mois).*

« Pour étendre les observations des courants terrestres, qui, dans plusieurs pays, ont déjà commencé, sur l'invitation de la Commission polaire internationale, et pour les rendre plus continues, la Commission a pris les trois résolutions suivantes :

« a. *La Commission émet le vœu que certaines lignes, même de petite longueur, indépendantes du réseau télégraphique général dans chaque pays, soient consacrées, d'une manière exclusive, à l'étude des courants terrestres.*

« b. *En outre, la Commission émet le vœu que les grandes lignes, particulièrement les lignes souterraines, soient utilisées, le plus fréquemment possible, pour des recherches de même nature, ces lignes étant dirigées de préférence du Sud au Nord et de l'Est à l'Ouest et l'observation ayant lieu le même jour, par exemple les dimanches, dans les différents pays.*

« c. *Pour l'année courante — septembre 1882 jusqu'en septembre 1883 — en particulier, la Commission recommande que des observations régulières soient faites aux jours termes déterminés pour les expéditions polaires internationales (le 1er et le 15 de chaque mois, excepté le mois de janvier dont le 2e jour au lieu du 1er doit être considéré comme jour terme).*

« *4° Étudier les meilleures conditions d'établissement d'un réseau télémétéorographique international, permettant aux différentes stations de communiquer entre elles sans cesse, pour obtenir ainsi, d'une manière continue, l'état météorologique du plus grand nombre possible de points utiles.*

« Concernant cette question, la Commission a pris la résolution suivante : *Le moment ne paraît pas venu de donner suite au projet d'établissement d'un réseau télémétéorographique international. Mais, en attendant, la Commission s'est montrée extrêmement favorable à toutes les mesures qui pourront faciliter le développement des dépêches météorologiques et améliorer le service de la prévision du temps.* »

Sous réserve de deux changements de rédaction proposés par MM. Wild et Mascart, les résolutions présentées par la seconde Commission sont adoptées à l'unanimité.

M. Broch, Président de la troisième Commission (*détermination d'un étalon de lumière*). prend la parole en ces termes :

« La troisième Commission avait à se prononcer sur un étalon prototype de lumière et sur les dispositions à observer dans l'exécution des expériences de comparaison.

« La Commission n'est pas arrivée à une solution définitive de cette question; mais elle a pris, pour restreindre les limites des recherches à faire encore, des résolutions que je prierai notre Secrétaire, M. Becquerel, de bien vouloir lire. »

M. Henri Becquerel donne lecture du projet de résolution suivant :

« *La Conférence, reconnaissant que les recherches faites jusqu'à présent donnent lieu d'espérer que la lumière émise par le platine fondant pourra conduire à un étalon absolu, émet le vœu que ces expériences soient poursuivies.*

« *Comme étalon secondaire usuel, la Conférence recommande l'emploi de la lampe Carcel, système de la vérification du gaz dû à MM. Damas et Regnault ou d'une lampe équivalente employée avec les mêmes soins.*

Les bougies peuvent servir également, si l'on prend assez de soin pour assurer l'identité de composition, de forme, de construction et de consommation.

« *Pour les expériences de précision et pour certaines applications, telles que les phares, la comparaison des lumières doit être faite par une analyse des différents éléments qui les constituent.*

« *La Conférence réitère la décision du Congrès de 1881, en vertu de laquelle toute détermination d'un foyer électrique et, en général, de tout foyer qui rayonne différemment dans les différentes directions doit comprendre comme élément essentiel la formule de ce foyer, c'est-à-dire la relation qui existe entre l'intensité lumineuse et la direction des rayons.* »

Ce projet de résolution, mis aux voix, est adopté à l'unanimité.

La Conférence ayant ainsi épuisé son ordre du jour, M. le Président prononce l'allocution suivante :

« Messieurs,

« Dans quelques instants je vais prononcer, non pas la clôture, mais l'ajournement de la Conférence.

« Nous avons atteint notre but.

« Quand le Congrès de 1881 prenait l'initiative de convoquer cette Confé-

rence, les membres de ce Congrès savaient parfaitement qu'on ne pourrait, en quelques séances, arriver à une solution définitive.

« Quand, obéissant au désir du Congrès, nous avons convoqué la Conférence, nous étions également bien convaincus qu'elle aurait besoin de plusieurs sessions.

« Vous avez complètement répondu à nos espérances.

« Vous les avez dépassées.

« Votre première Commission a posé les bases des travaux à effectuer pour la détermination de l'unité de résistance ; elle a recommandé les méthodes qui vous ont paru présenter la plus grande précision; elle a également arrêté de contrôler l'un par l'autre les travaux exécutés dans les divers pays.

« Votre seconde Commission, après s'être occupée de l'étude de l'électricité atmosphérique et des orages, demande aux administrations télégraphiques de lui fournir leur concours pour l'étude des phénomènes terrestres. Elle a rédigé deux questionnaires pour constater :

« Les coups de foudre en dehors des lignes télégraphiques ;

« Les coups de foudre sur les lignes télégraphiques ou téléphoniques.

« Enfin, la troisième Commission, chargée de déterminer un étalon définitif de lumière, a reconnu que les recherches effectuées jusqu'à ce jour font espérer que la lumière émise par le platine fondant pourra conduire à un étalon absolu : elle a demandé que les expériences fussent poursuivies.

« La Conférence vient à l'instant d'approuver toutes ces propositions et résolutions. Elle a bien voulu charger le Gouvernement français d'en poursuivre la réalisation auprès des divers Gouvernements, en leur en montrant l'utilité, l'importance et l'urgence.

« Je n'ai pas besoin de vous dire que nous nous acquitterons de cette mission avec zèle et empressement.

« Une solution est actuellement certaine ;

« La science et l'industrie la devront à vos lumineuses discussions et à votre ardent dévouement au progrès.

« En leur nom, je vous adresse de vifs remerciements.

« Je tiens également à vous témoigner toute ma gratitude pour les bonnes et sympathiques relations qui se sont établies entre nous. J'en garderai un profond souvenir.

« Et maintenant je vous demande la permission de vous ajourner à l'année prochaine. »

Cette proposition obtenant l'assentiment unanime, la Conférence décide qu'elle se réunira de nouveau, à Paris, le premier lundi du mois d'octobre 1883.

M. Broch prend la parole en ces termes :

« Monsieur le Ministre,

« Les savants étrangers réunis dans cette Conférence me permettront, comme à leur doyen d'âge, de vous adresser, en leur nom et au mien, les remerciements les plus sincères. Nous vous les devons pour l'invitation que le Gouvernement français a fait parvenir aux nôtres en vue de discuter ici les questions dont le Congrès des Électriciens, tenu l'année dernière, nous avait en quelque sorte légué l'étude; nous vous les devons encore pour l'accueil si bienveillant dont nous avons été l'objet de votre part, et pour l'honneur que vous nous avez fait en présidant nos délibérations.

« Si toutes les questions n'ont pas encore été complètement résolues, elles ont été du moins mieux élucidées, et les recherches qui restent à faire ont été restreintes dans des limites assez précises pour que nous puissions espérer arriver bientôt à des solutions définitives.

« Nous désirons encore remercier cordialement nos collègues français de l'accueil amical qu'ils nous ont fait, et dont nous garderons tous un souvenir durable.

« Nous tenons particulièrement à exprimer notre gratitude au savant illustre qui est la gloire non seulement de la France, mais de tout le monde scientifique moderne, pour la part si active qu'il a prise à toutes nos discussions. Récemment M. Dumas a pu présenter au Comité international des poids et mesures les premiers étalons nouveaux du système métrique répondant aux dernières exigences de la science de précision. Nous espérons que ce sera encore lui qui présentera bientôt au monde scientifique les premiers étalons prototypes de la résistance électrique et de l'intensité de la lumière.

« En vous tous, nous remercions la France qui nous a reçus avec tant de sympathie. Nous exprimons notre reconnaissance à ce pays toujours empressé à seconder les progrès des sciences, des arts et de la civilisation. Nous n'oublierons pas que nous devons à son initiative la réunion de ces congrès internationaux qui peuvent seuls, par une entente universelle, fixer les unités fondamentales dont la science et l'industrie ont un si grand besoin. »

M. le Président remercie, en son nom personnel et au nom du Gouvernement de la République, M. le Délégué de la Norwège des paroles qu'il a bien voulu prononcer. Il tient, en outre, à s'associer hautement à l'expression des sentiments dont M. Broch vient de donner, en termes si heureux, l'assurance à M. Dumas et que les applaudissements unanimes de la Conférence ont confirmés. M. Dumas sait combien la France tout entière est fière de ses travaux et de l'illustration de son nom.

M. Dumas répond qu'il est profondément touché et reconnaissant des

marques flatteuses de sympathie dont il est l'objet de la part de ses collègues. Il se félicite d'avoir pu prêter son concours à leurs travaux. Il souhaite vivement qu'il lui soit donné de les reprendre avec eux et de les voir menés à bonne fin. Les recherches scientifiques qui ont abouti à la fixation du mètre et du kilogramme recevraient ainsi, par la détermination des mesures électriques, leur complément logique et nécessaire. Il appartient à la Conférence de préparer l'adoption de ces mesures, de les choisir assez précises, assez faciles à manier pour qu'elles puissent pénétrer jusque dans les ateliers et servir de règle sûre à la distribution de la force électrique dans l'intérêt de la civilisation.

Sir William Thomson a prononcé ensuite les paroles suivantes :

« Messieurs,

« Je désire, en mon nom et au nom de mes collègues de la Conférence, remercier nos secrétaires, M. Henri Becquerel, M. Gérard, M. Lavollée, M. Thévenin et M. Vaschy, à l'assistance et à la coopération desquels nous devons d'avoir été tenus au courant des progrès de nos travaux, jour par jour, tant pour les réunions générales que pour chaque Commission et Sous-Commission. Leur concours n'a pas été seulement celui de secrétaires habiles et dévoués qui ont fidèlement et intelligemment rédigé et classé les rapports sur nos travaux; ils étaient des nôtres et siégeaient en qualité de savants. Leurs connaissances et leur jugement, dans les questions scientifiques qui ont fait l'objet de nos délibérations, nous ont substantiellement aidés dans beaucoup d'importantes questions.

« Je désire également exprimer (quoique je le fasse d'une manière imparfaite) nos remerciements aux présidents des trois Commissions.

« Dans la première Commission nous avons eu le bonheur d'avoir pour président un savant illustre; je suis personnellement heureux de pouvoir regarder M. Dumas comme un de mes plus anciens amis. Lorsque je suis venu à Paris comme étudiant, voilà trente-huit ans, il me tendit la main, et l'amabilité avec laquelle j'ai été reçu par lui reste présente à ma mémoire et continuera à compter parmi les plus chers souvenirs de ma vie.

« M. Dumas, M. Wild et M. Broch ont présidé les trois Commissions avec une admirable habileté et une parfaite bienveillance pour lesquelles nous leur sommes tous reconnaissants.

« La direction sage, judicieuse et persistante vers des conclusions pratiques et usuelles, qu'ils ont donnée aux grandes forces scientifiques représentées par les membres venus de tous les points du globe à cette conférence, a fait ce que je n'hésite pas à appeler le grand succès de la réunion qui se termine aujourd'hui.

« Un des personnages comiques de Shakspeare a dit : « *Je suis moi-même spiri-*

tuel, mais je suis bien plus remarquable parce que je suis la cause de l'esprit des autres. » De même notre Conférence peut dire: Nous avons travaillé nous-mêmes, et bien plus, nous serons la cause des travaux qui seront faits par les autres. Combien, en effet, de mémoires importants sur la détermination de l'Ohm n'avons-nous pas maintenant, qui ont été provoqués par le congrès électrique de 1881, et quel bel avenir de bons travaux n'avons-nous pas devant nous, invités et encouragés par les résolutions que nous venons de prendre; ce sera pour établir, à l'abri de tous les doutes, une unité pratique de résistance électrique, avec une approximation scientifique; pour étendre les observations de l'électricité atmosphérique; pour découvrir une loi dans les courants terrestres, qui paraissent encore n'obéir à aucune règle; pour trouver une unité pratique de lumière dans l'incandescence du platine fondant.

« Je vous demande donc de me permettre d'offrir, au nom de la Conférence, nos plus chaleureux remerciements aux secrétaires de la Conférence et aux présidents des Commissions, à qui le succès de cette session est si complètement dû. »

Les paroles de Sir William Thomson obtiennent un assentiment unanime.

Après quelques mots de remerciements prononcés par M. le Président et par M. J.-B. Dumas, la Conférence prononce la suspension de ses travaux en s'ajournant au premier lundi d'octobre 1883.

La séance est levée à 4 heures et demie.

Le Ministre des Postes et des Télégraphes,
Président de la Conférence,
Ad. COCHERY.

Les Secrétaires,
Henri BECQUEREL, René LAVOLLÉE.

CONFÉRENCE INTERNATIONALE

POUR

LA DÉTERMINATION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

DEUXIÈME SESSION.

France. MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES.

CONFÉRENCE INTERNATIONALE

POUR

LA DÉTERMINATION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

DEUXIÈME SESSION.

PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC LXXXIV.

CONFÉRENCE INTERNATIONALE

POUR

LA DÉTERMINATION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

DEUXIÈME SESSION.

PREMIÈRE SÉANCE.

(LUNDI 28 AVRIL 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. JULES FERRY,

PRÉSIDENT DU CONSEIL, MINISTRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES,

ET

DE M. AD. COCHERY,

MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

La Conférence internationale pour la détermination des unités électriques a repris ses séances le lundi 28 avril 1884, à 2 heures, en l'hôtel du Ministère des Affaires étrangères, sous la présidence de M. Jules Ferry, Président du Conseil, Ministre des Affaires étrangères.

Étaient présents, en qualité de Délégués de leurs Gouvernements respectifs :

Pour l'Allemagne :

MM. Ludewig, Conseiller intime des Postes à Berlin :

le Docteur Werner Siemens, Conseiller intime du Gouvernement à Berlin ;

le Docteur Von Helmholtz, Conseiller intime à Berlin ;

le Docteur Kohlrausch, Professeur à Wurtzbourg ;

le Docteur Wiedemann, Conseiller intime de Cour, Professeur à l'Université de Leipzig.

Pour l'Autriche-Hongrie :

MM. H. Millitzer, Conseiller au Ministère du commerce;
Isidore Fröhlich, Professeur à l'Université de Buda-Pesth.

Pour la République Argentine :

M. Balcarce, Ministre de la République à Paris.

Pour la Belgique :

MM. Rousseau, Professeur à l'Université de Bruxelles et à l'École militaire;
Évrard, Ingénieur en chef des Télégraphes de l'État;
Éric Gérard, Professeur à l'Institut électro-technique Montefiore, annexé à l'Université de Liège;
Van der Mensbrugghe, Professeur à l'Université de Gand.

Pour la Chine :

MM. Macartney, Secrétaire de la Légation de Chine à Paris;
Tching-Tchang, Secrétaire de la Légation de Chine à Paris.

Pour Costa-Rica :

M. Léon Somzée, Premier Secrétaire de la légation.

Pour l'Espagne :

MM. Adolfo J. Montenegro, Inspecteur des Télégraphes;
Justo Ureña y Velasco, Directeur de section de 1re classe des Télégraphes.

Pour les États-Unis d'Amérique :

M. Vignaud, secrétaire de la Légation à Paris.

Pour les États-Unis de Colombie :

M. le Docteur Triana, Consul général de Colombie à Paris.

Pour la France :

MM. Adolphe Cochery, Ministre des Postes et des Télégraphes;
Jamin, Membre de l'Académie des sciences, Professeur à la Faculté des sciences de Paris;
Clavery, Ministre plénipotentiaire, Directeur des Affaires commerciales et consulaires au Ministère des Affaires étrangères;
Bergon, Directeur du matériel et de la construction au Ministère des Postes et des Télégraphes;

MM. Blavier, Inspecteur général des Télégraphes, Directeur de l'École supérieure de télégraphie;

Mascart, Professeur au Collège de France, Directeur du Bureau central météorologique;

E. Allard, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Membre du Conseil des Ponts et Chaussées et de la Commission des Phares.

Pour la Grande-Bretagne :

MM. William Thomson, F.-R.-S., Professeur à l'Université de Glasgow;

Carey Foster, F.-R.-S., Professeur à l'University-College de Londres;

E. Graves;

M.-H.-W. Preece, F.-R.-S.;

Fleeming Jenkin, F.-R.-S., Professeur à l'Université d'Édimbourg;

Hughes, Professeur, F.-R.-S.;

W. Grylls Adams, Professeur, F.-R.-S.;

le Capitaine de Wiveleslie Abney, F.-R.-S. E. E. R. E.

Pour le Guatémala :

M. Crisanto Medina, Ministre du Guatémala à Paris.

Pour l'Italie :

MM. Antoine Ròiti, Professeur à l'Institut Royal des études supérieures de Florence;

Pierre Tacchini, Directeur du Bureau central de météorologie à Rome.

Pour le Japon :

M. Henri Becquerel, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers, Répétiteur à l'École polytechnique.

Pour le Mexique :

M. F. Diaz Covarrubias, Ingénieur géographe.

Pour le Nicaragua :

M. Baille, Répétiteur à l'École polytechnique.

Pour les Pays-Bas :

M. le Docteur G. Bosscha, Directeur de l'École polytechnique à Delft.

Pour la Perse :

M. le Général Nazare-Aga, Ministre de Perse à Paris.

Pour le Portugal :

M. d'Azevedo, Chargé d'affaires à Paris.

Pour la République Dominicaine :

M. le baron d'Almeda, Ministre de la République Dominicaine à Paris.

Pour la Roumanie :

M. Odobesco, Chargé d'affaires de Roumanie à Paris.

Pour la Russie :

MM. le Conseiller Lenz, Professeur à l'Institut technologique de Saint-Pétersbourg;
Wild, Membre de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg.

Pour le Salvador :

MM. Torrès Caïcedo, Ministre du Salvador à Paris;
Jules Raynaud, Ingénieur des Télégraphes.

Pour la Suède et la Norvège :

M. Broch, ancien Ministre, Professeur à l'Université de Christiania.

Pour la Suisse :

M. Fr. Weber, Professeur au Polytechnicum de Zurich.

M. le Président du Conseil, Ministre des Affaires étrangères déclare la séance ouverte et prononce le discours suivant :

« Messieurs,

« Je suis heureux d'avoir l'honneur de souhaiter, au nom du Gouvernement de la République, la bienvenue à tant d'illustres savants venus ici de tous les points du globe. Cette seconde réunion de la Conférence des Unités électriques, à laquelle vous êtes accourus si fidèles et si nombreux, ne nous intéresse pas seulement à cause des résultats pratiques et scientifiques qu'on en doit attendre; elle a, à nos yeux, une autre portée plus haute encore: nous constatons ici, en effet, une manifestation nouvelle de cette heureuse et remarquable tendance qui caractérise les dernières années du dix-neuvième siècle : je veux parler de cette unité de plus en plus complète, de plus en plus active du monde savant, résultat naturel de l'unité de la science elle-même, présage

lointain, mais assuré, d'un avenir que nous ne verrons pas, mais dont vous êtes, Messieurs, les véritables précurseurs, du temps où les nations civilisées ne formeront plus entre elles qu'une grande association de travailleurs collaborant à la même œuvre, l'avancement de la science, l'affranchissement de l'humanité, et ne faisant plus de conquêtes que sur la nature, l'ignorance et la barbarie. (*Applaudissements.*)

« Vous allez, Messieurs, reprendre vos travaux au point où vous les avez laissés, il y a dix-huit mois. Vous avez alors, pour compléter votre programme, fait appel aux libres recherches des savants. Vous avez été entendus, et les résultats acquis depuis cette époque ne peuvent manquer de rendre vos délibérations plus faciles, plus courtes et plus fécondes. En les recommençant, pourquoi faut-il que nous ayons le regret de constater les vides douloureux qui se sont produits dans vos rangs et de déplorer l'absence de plusieurs des ouvriers de la première heure ? Vous les avez tous nommés avant moi : M. Siemens, l'un des savants les plus justement renommés de l'Europe, qui contribua si puissamment aux progrès des sciences physiques, et dont le frère, son noble émule, a bien voulu, malgré sa douleur, prendre place parmi les membres de cette Assemblée; M. le capitaine Hoffmeyer, qui représentait avec tant d'autorité le Danemark dans cette Conférence; enfin et surtout l'homme illustre qui fut l'inspirateur et l'âme de vos premiers travaux, M. J.-B. Dumas, ce doyen vénéré de la science européenne, ce profond et lumineux esprit, qui ne se montra jamais plus fécond, plus alerte et plus jeune, à si peu de distance du terme de sa longue carrière, que dans le congrès des électriciens, comme si la puissance intellectuelle pouvait chez lui s'accroître indéfiniment avec les années; vigoureux et beau génie qu'au nom de l'Europe savante, ici représentée, nous saluons aujourd'hui dans sa tombe ! (*Vifs applaudissements.*)

« Heureusement, Messieurs, la science est immortelle : le flambeau passe de main en main sans s'éteindre jamais. Héritiers des recherches des grands hommes qui vous ont devancés, vous recueillez tout entier le fruit de leurs travaux, et vous étendez, à votre tour, le domaine de leurs pacifiques conquêtes. C'est là, Messieurs, votre glorieux et enviable privilège : tandis que les autres travaux de l'homme, dans la vie publique comme dans la vie privée, n'ont qu'une durée passagère et ne remplissent qu'un office transitoire, vous seuls travaillez aux choses permanentes, à la seule œuvre humaine qui ne périsse pas et ne cesse jamais de s'agrandir. » (*Applaudissements répétés.*)

M. Broch, *Délégué de Suède et de Norvège,* répond en ces termes :

« Mes collègues étrangers me permettront de remercier, en leur nom, M. le Président du Conseil des paroles qu'il vient de prononcer et de m'associer, avec eux tous, au juste hommage qu'il a rendu à la mémoire de M. Dumas.

« Ce que nous regrettons en lui, ce n'est pas seulement le grand homme de

science, c'est encore et surtout l'homme lui-même. Comme savant, il a laissé une école qui lui survivra, qui reprendra et continuera ses travaux. Mais elle ne nous rendra pas ce qui caractérisait et distinguait entre tous M Dumas : ce feu sacré de la science qu'il garda dans sa vieillesse et jusqu'au bord de la tombe, cette inépuisable bienveillance avec laquelle il encourageait et guidait tous ceux qui s'adressaient à lui, même dans les recherches où les attendaient des difficultés insurmontables pour tout autre que pour lui; enfin, ce cœur généreux qui l'associait à toutes les conquêtes de la science et de la civilisation. Alors que tant d'autres, au déclin de l'âge, perdent confiance dans le progrès, M. Dumas conserva toujours intacte et ardente sa foi dans l'avenir. C'est par là, par là surtout que sa mort est une perte, non seulement pour la France, mais pour l'humanité tout entière. » (*Applaudissements.*)

M. le Président du Conseil, Ministre des Affaires étrangères, propose ensuite à la Conférence de procéder à la reconstitution de son bureau.

Sur la proposition de M. Broch, la présidence est déférée à M. Cochery, Ministre des Postes et des Télégraphes.

Après avoir remercié MM. les Délégués, M. le Président rappelle que la session qui vient de s'ouvrir est la continuation de la précédente réunion que la Conférence avait tenue en octobre 1882 et à la suite de laquelle elle s'était ajournée au 1er octobre 1883. Toutefois, divers Gouvernements ayant fait connaître qu'un plus long délai était nécessaire à leurs Délégués pour terminer leurs travaux, le Gouvernement de la République s'est empressé d'accueillir cette demande de prorogation, et, d'accord avec les autres États, la date de réunion a été, en conséquence, reportée au 2, puis au 28 avril 1884. Il n'est pas douteux que les travaux accomplis dans l'intervalle ne permettent à la réunion actuelle de prendre des résolutions plus complètes et plus décisives.

Sur la proposition de M. le Président, les fonctions de Secrétaires sont confiées à MM. Henri Becquerel, Ingénieur des ponts et chaussées, Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers, Répétiteur à l'École polytechnique, Délégué du Japon, et René Lavollée, consul général de France; celles de Secrétaires adjoints, à MM. J. de Cazotte, commis principal au Ministère des Affaires étrangères, Vaschy, Thévenin et de Nerville, sous-ingénieurs des Télégraphes.

La Conférence décide ensuite, conformément à la proposition de M. le Président, qu'elle se partagera, comme dans sa précédente session, en trois Commissions correspondant à chacune des parties de son programme : *Unités*

électriques proprement dites, courants électriques et paratonnerres, étalon de lumière.

Après quelques observations présentées par MM. von Helmholtz et Mascart, les réunions de ces Commissions sont fixées :

Pour la première, à l'issue de la séance;

Pour la seconde, au mercredi 30, à 9 heures du matin;

Pour la troisième, au mercredi 30, à 3 heures du soir.

M. Vignaud (*États-Unis*) remet, de la part de M. Rowland, une note sur la détermination de l'ohm, et demande qu'elle soit imprimée comme annexe aux procès-verbaux.

Sur la proposition de M. le Président, cette note est renvoyée à la première Commission.

La Conférence s'ajourne au lendemain, mardi 29, à 4 heures.

La séance est levée à 2 heures trois quarts.

Le Président du Conseil,
Ministre des Affaires étrangères,
Jules FERRY.

Le Ministre des Postes et des Télégraphes,
Président,
Ad. COCHERY.

Les Secrétaires :
Henri BECQUEREL; René LAVOLLÉE.

DEUXIÈME SÉANCE DE LA CONFÉRENCE.

(MARDI 29 AVRIL 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. AD. COCHERY,

MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

Étaient présents :

MM. les Délégués présents à la précédente séance ;

Et, en outre, M. R. D. Silva, Chef des travaux de chimie analytique à l'École centrale des arts et manufactures, Délégué du Portugal.

La séance est ouverte à 4 heures 10 minutes.

Le procès-verbal de la précédente séance est lu et adopté.

M. le Président fait connaître à la Conférence que M. Aylmer a été appelé par le Gouvernement de la Grande-Bretagne à prendre part aux travaux de la Conférence et à remplir les fonctions de secrétaire de MM. les Délégués Britanniques.

M. Vignaud remet, de la part de M. Trowbridge, un rapport sur l'électricité atmosphérique et les courants terrestres, et demande qu'il soit imprimé comme annexe aux procès-verbaux.

Sur la proposition de M. le Président, ce rapport est renvoyé à la seconde Commission.

M. le Président donne la parole à M. Jamin, Président de la première Commission, pour rendre compte des travaux de cette Commission.

M. Jamin (*France*) fait connaître que la première Commission s'est réunie immédiatement à l'issue de la première séance de la Conférence. Après avoir entendu l'exposé sommaire des résultats obtenus jusqu'à présent pour la détermination de l'ohm, la Commission a nommé une Sous-Commission composée des différents expérimentateurs, délégués à la Conférence, afin de discuter les résultats de leurs expériences.

M. Jamin prie M. Mascart de vouloir bien donner connaissance à la Conférence des propositions de la Commission.

M. Mascart (*France*). Le texte proposé par la Sous-Commission, et adopté par la première Commission, est le suivant : « L'ohm légal est la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de 106 centimètres de longueur à la température de zéro. »

La Sous-Commission, dit M. Mascart, m'a chargé de donner des explications verbales sur les motifs qui l'ont amenée à cette proposition. On a examiné les différents travaux relatifs à la détermination de l'ohm, en les classant soit par ordre de date, soit d'après les méthodes d'observation. Il eût été sans doute très utile de discuter la valeur des méthodes et les détails des expériences; mais on n'a pas tardé à reconnaître que cette discussion présentait les plus grandes difficultés, si l'on voulait aboutir à rallier tous les suffrages.

Il s'est trouvé que la moyenne des résultats, classés de diverses manières, était voisine de 106 centimètres.

La Commission s'est arrêtée à cette valeur, non pas à cause du résultat moyen des observations, ni parce qu'elle la considérait comme la plus probable, mais surtout parce que les trois premiers chiffres qui représentent la longueur de la colonne mercurielle sont acceptés par tout le monde et paraissent avoir toutes les garanties d'exactitude. Quelques membres pensent que ce nombre est un peu trop élevé, plusieurs autres étaient d'avis qu'il est sensiblement trop faible, mais sans pouvoir donner de leur conviction une preuve tout à fait démonstrative. Dans tous les cas, l'erreur commise est sûrement faible, elle varie de quelques unités seulement du quatrième chiffre et est sans importance pour la pratique; la nécessité de donner à l'industrie une solution qu'elle réclame avec quelque impatience, a paru assez grave pour qu'on ne crût pas devoir retarder davantage cette solution. Les recherches scientifiques absolues ne seront en aucune façon compromises par l'écart qui peut exister entre la valeur théorique et le chiffre admis pour l'étalon pratique.

M. le Président donne lecture de la proposition :

L'ohm légal est la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de 106 centimètres de longueur à la température de zéro.

M. Von Helmholtz (*Allemagne*) rappelle une remarque faite par Sir W. Thomson au sein de la Commission, à savoir que l'erreur commise sur la véritable valeur de l'ohm est de l'ordre de grandeur des perturbations que peuvent apporter de petites variations de température. Il suffirait donc de changer plus tard la température de définition pour que les mêmes étalons représentent la valeur de l'ohm théorique avec la dernière approximation.

La résolution de prendre un nombre rond est très pratique et l'on peut immédiatement commencer la fabrication des étalons.

M. Millitzer (*Autriche-Hongrie*) fait observer que la proposition faite à la Conférence commence par ces mots « l'ohm légal », qui sembleraient impliquer, pour les diverses nations, l'adoption légale de la température 0° centigrade.

Sir W. Thomson (*Grande-Bretagne*) rappelle que la définition du 0° centigrade est admise couramment en Angleterre.

Pour éviter toute équivoque, M. Mascart propose de substituer au mot *zéro*, les mots *température de la glace fondante.*

M. le Président donne lecture de la proposition ainsi modifiée : *L'ohm légal est la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de 106 centimètres de longueur à la température de la glace fondante.*

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le Président donne ensuite lecture du texte suivant répondant à un vœu émis par la première Commission :

« La Conférence émet le vœu que le Gouvernement français veuille bien transmettre cette résolution aux divers États et en consacrer l'adoption par une convention internationale ».

M. Mascart, au nom de plusieurs Délégués, fait observer que les mots : *Convention internationale,* ont bien été proposés par addition au texte voté par la Commission, mais que celle-ci n'a pas été appelée à voter sur leur adoption ; le texte adopté par la Commission se terminait par : « . . . et en recommander l'adoption. »

M. le Président dit que les mots de Convention internationale comportent sans contredit une solution plus complète.

M. Évrard (*Belgique*) déclare qu'il ne voit que des avantages à la proposition d'un vœu pour recommander de sanctionner les décisions par une Convention internationale.

M. le Président fait remarquer que les Délégués à la Conférence n'ont pas les pouvoirs nécessaires pour signer une Convention. Ils doivent se borner à recommander aux différents Gouvernements d'en établir une.

M. Évrard répond que c'est bien ainsi qu'il l'entend.

M. Jamin. La question des pouvoirs des Délégués a été soulevée dans la Commission, et c'est bien intentionnellement que le mot « recommandé » a été introduit dans la rédaction de la proposition.

M. le Président donne de nouveau lecture de cette proposition.

M. Von Helmholtz fait observer que le Congrès des électriciens avait décidé d'informer les divers Gouvernements des conclusions auxquelles les Délégués s'étaient arrêtés, en en recommandant l'adoption. C'est une proposition semblable que la première Commission de la Conférence a voulu voter; il désirerait que l'on conservât les termes de la première résolution du Congrès des électriciens.

Sir W. Thomson partage l'opinion de M. Von Helmholtz et croit qu'il n'y a pas une nécessité absolue de préciser qu'il y aurait lieu de conclure une convention internationale.

M. le Président ne voit pas quel serait le but atteint par la Conférence si la proposition de convention internationale était écartée : la Conférence vient d'adopter unanimement un étalon, son travail resterait inachevé si cet étalon n'était pas recommandé à l'adoption universelle. La proposition faite aux Délégués n'empiète, d'ailleurs, d'aucune façon sur le terrain diplomatique.

M. Évrard est de l'avis de M. le Président. Les Délégués devront se borner à présenter à leurs Gouvernements respectifs le vœu de la Conférence pour tâcher d'en obtenir la consécration.

M. Jamin. Toutes les discussions faites au sein de la Conférence pour la fixation de l'étalon légal deviendraient inutiles, si cet étalon n'était pas adopté par les diverses Puissances. En somme, la proposition présentée à la Conférence n'engage en rien les Gouvernements : son rôle s'arrête précisément au point où commence la question diplomatique.

M. le Président rappelle un passage du discours qu'il a prononcé, le 16 octobre 1882, au début de la première séance de la Conférence : « Le Congrès « de 1881 a défini scientifiquement les unités électriques, il leur a donné les « noms des illustres savants qui ont découvert les phénomènes à la mesure « desquels elles devaient être appliquées. Mais, si les bases du système étaient « posées, il restait à déterminer la représentation matérielle des unités, à « construire le prototype, à rechercher les mesures à prendre pour en assurer « la conservation et la reproduction. C'est ce soin qu'il vous a légué en expri- « mant le désir qu'une Convention internationale nous donne un système uni- « forme et complet. »

Voilà quel était le vœu formulé par le Congrès des électriciens et qui a été rappelé au début de vos travaux comme devant en marquer le but. Si ce vœu n'est pas suivi d'une recommandation de votre part, tout le travail de la Conférence aura été inutile.

M. Ludewig (*Allemagne*) pense que l'on peut arriver au même but par diverses voies. Certainement le Gouvernement allemand adoptera l'ohm légal; mais il est difficile de prévoir quels moyens il emploiera pour en généraliser l'adoption. On pourrait se borner à l'indication de la valeur de l'ohm.

M. Mascart dit que les relations télégraphiques entre les divers États sont tellement étendues et les relations commerciales qui en dérivent si fréquentes, qu'il peut à chaque instant surgir des difficultés, des procès devant des tribunaux de divers pays, relativement à des fournitures télégraphiques. Il signale toute l'importance qu'aurait une loi commune servant de base aux décisions des tribunaux de tous les pays.

M. Évrard tient beaucoup à une entente entre les différents États pour que toutes les administrations puissent être d'accord dans leurs relations mutuelles et que, d'un autre côté, les fournisseurs de matériel télégraphique puissent exécuter sur une base uniforme les commandes qu'ils reçoivent des divers pays.

M. Wiedemann (*Allemagne*) reconnaît que la conclusion d'une convention internationale peut paraître indispensable pour l'établissement d'une unité de mesure universelle. Mais il se demande si la Conférence, qui représente la science, a le mandat de réclamer formellement cette convention.

M. Broch estime que la Conférence a parfaitement le droit d'émettre un vœu. Si aucune convention internationale ne fixe l'unité admise, l'étalon sera variable dans tous les pays: il importe peu que plus tard on reconnaisse une différence entre l'ohm théorique et l'ohm normal: l'étalon pratique n'en restera pas moins bien déterminé.

M. le Président fait remarquer qu'en définitive il y a très peu de divergence entre les diverses opinions: ceux des Délégués qui ne sont pas d'avis d'introduire dans la proposition en discussion les mots « convention internationale » reconnaissent eux-mêmes que la conclusion de cette convention sera indispensable dans l'avenir pour assurer l'uniformité des mesures.

M. Von Helmholtz dit qu'il n'y a pas de difficulté à ce que la définition adoptée aujourd'hui pour l'ohm soit reconnue par une convention internationale, mais il craint qu'en procédant ainsi, on ne rende pour ainsi dire perpétuelle une déter-

mination de l'ohm qui n'est point parfaite. La discussion de la valeur de l'ohm peut revenir de temps en temps devant des congrès télégraphiques, et, si aucune convention internationale n'a fixé cette valeur, il sera toujours plus aisé de la modifier ultérieurement à mesure que les méthodes scientifiques se perfectionneront.

Sir W. Thomson croit, comme M. Von Helmholtz, qu'il n'est pas indispensabl e de fixer un étalon de mesure dont la détermination est imparfaite. Quoi qu'il en soit, si la Conférence est appelée à voter sur la proposition en discussion, il serait à craindre que le vote ne réunît pas l'unanimité comme les votes précédents. Sir W. Thomson pense qu'en pareil cas l'unanimité est indispensable; il propose donc de supprimer dans le vœu en discussion les mots « convention internationale ».

M. Von Helmholtz fait remarquer que le Gouvernement français, en transmettant aux divers États les résultats des délibérations de la Conférence, pourra prendre l'initiative de leur proposer une convention internationale sur la fixation de l'ohm. Il est persuadé que les divers Gouvernements se rallieront à une proposition faite dans ce sens et trouveront une forme de convention qui ne gêne pas trop l'introduction d'améliorations futures.

M. le Président croit répondre à la pensée de plusieurs Délégués en proposant à la Conférence la rédaction suivante pour la seconde résolution soumise par la première Commission :

La Conférence émet le vœu que le Gouvernement français veuille bien transmettre cette résolution aux divers États et en recommander l'adoption internationale.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

Répondant à une question de M. le Président, MM. les Présidents des deuxième et troisième Commissions déclarent que les travaux de ces deux Commissions ne sont pas terminés et qu'il n'y a pas encore lieu de communiquer leurs rapports à la Conférence.

La date de la prochaine séance plénière sera arrêtée ultérieurement.

La séance est levée à 5 heures.

Le Ministre des Postes et des Télégraphes,
Président,

Ad. COCHERY.

Les Secrétaires:

H. BECQUEREL; R. LAVOLLÉE.

TROISIÈME SÉANCE DE LA CONFÉRENCE.

(VENDREDI 2 MAI 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. AD. COCHERY,

MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

La séance est ouverte à 3 heures 45 minutes.

Sont présents :

MM. les Délégués qui assistaient aux précédentes séances.

Le procès-verbal de la séance précédente, distribué à MM. les Délégués avant la séance, est adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Wild, président de la seconde Commission, et le prie de vouloir bien rendre compte des travaux de cette Commission.

M. WILD (*Russie*) annonce que les travaux de la seconde Commission sont achevés; il prie M. Raynaud, secrétaire de la Commission, de donner lecture de son rapport.

M. RAYNAUD (*Salvador*). La deuxième Commission a suivi dans ses travaux l'ordre adopté dans la précédente session et elle a examiné successivement, dans deux séances, celles des résolutions prises par la Conférence de 1882 qui comportaient une nouvelle discussion.

Ces résolutions sont au nombre de trois :

1° Après avoir précisé les méthodes d'observation pour l'électricité atmosphérique, la Conférence de 1882 avait résolu de « recommander aux Gouvernements les observations régulières et continues de l'électricité atmosphérique et leur demander d'étendre l'étude des orages à tous les pays ».

Votre Commission a constaté que, suivant le désir exprimé par la Conférence, des observations régulières de l'électricité atmosphérique ont été instituées dans plusieurs pays, et, dans la discussion qui a eu lieu dans son sein,

des éclaircissements très utiles ont été donnés sur le mode d'emploi et le réglage des instruments destinés à l'enregistrement continu de ces phénomènes.

2° Dans le but de faciliter la réunion des éléments statistiques relatifs à l'efficacité des paratonnerres des divers systèmes et à l'action préservatrice ou nuisible des réseaux télégraphiques et téléphoniques, la Conférence de 1882 avait élaboré deux questionnaires et « recommandé de les communiquer aux Gouvernements en vue d'obtenir ainsi des renseignements assez complets et uniformes pour la comparaison des effets observés dans les différents pays ». Elle avait de plus émis le vœu que « les paratonnerres soient soumis partout à une vérification périodique ».

Votre Commission, après avoir pris connaissance des statistiques déjà dressées et reçu d'un certain nombre de Délégués l'avis que des mesures étaient ou seraient prochainement prises pour l'établissement de statistiques analogues, a émis le vœu suivant :

Il est à désirer que les résultats des observations recueillies par les diverses Administrations soient envoyés chaque année au bureau international des administrations télégraphiques à Berne, qui en fera un relevé et le communiquera aux Gouvernements.

Elle a constaté en outre que, de divers côtés, on se préoccupe de donner satisfaction au vœu touchant la vérification périodique des paratonnerres, et que des efforts sont tentés dans le but de rendre les méthodes de vérification plus pratiques, afin que leur usage se répande avec plus de facilité.

3° En ce qui concerne l'étude systématique des courants terrestres sur les lignes télégraphiques, votre Commission, après avoir passé en revue les communications fort intéressantes distribuées aux membres de la Conférence par les Délégués des États où cette étude est déjà organisée, a émis le vœu que « *les observations des courants terrestres soient poursuivies dans tous les pays* ».

M. le Président met aux voix les conclusions de la seconde Commission.

Ces conclusions sont adoptées à l'unanimité.

M. le Président invite ensuite le Président de la première Commission à vouloir bien rendre compte des travaux de cette Commission.

La parole est donnée à M. Baille, Secrétaire de la première Commission, pour la lecture de son rapport.

M. Baille (*Nicaragua*). Votre première Commission a déjà eu l'honneur de vous présenter ses deux premières propositions ainsi conçues :

1re proposition. — *L'ohm légal est la résistance d'une colonne de mercure de*

1 millimètre carré de section et de 106 centimètres de longueur à la température de la glace fondante.

2e proposition. — *La Conférence émet le vœu que le Gouvernement français veuille bien transmettre cette résolution aux divers États et en recommander l'adoption internationale.*

Vous avez bien voulu déjà adopter ces deux propositions. La première Commission a continué ses travaux en discutant les différentes formes d'étalons et les définitions à donner des deux autres éléments essentiels de la mesure électrique. Il nous a été donné d'entendre l'exposé des idées élevées et des vues profondes des savants qui composaient la Commission. A la suite d'une discussion d'un très haut intérêt, Sir W. Thomson, avec l'autorité qui lui appartient, a résumé les différentes propositions en trois résolutions qui ont été adoptées à l'unanimité :

1° *La Commission recommande la construction d'étalons primaires en mercure conformes à la résolution précédemment adoptée, et concurremment l'emploi d'échelles de résistances secondaires en alliages solides qui seront fréquemment comparées entre elles et avec l'étalon primaire.*

2° *L'ampère est le courant dont la mesure absolue est* 10^{-1} *CGS.*

3° *Le volt est la force électro-motrice qui soutient le courant d'un ampère dans un conducteur dont la résistance est l'ohm légal.*

M. le Président donne lecture de la première proposition.

La Commission recommande la construction d'étalons primaires en mercure conformes à la résolution précédemment adoptée, et concurremment l'emploi d'échelles de résistances secondaires en alliages solides qui seront fréquemment comparées entre elles et avec l'étalon primaire.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le Président donne lecture de la seconde proposition :

L'ampère est le courant dont la mesure absolue est 10^{-1} *CGS.*

M. von Helmholtz demande que, pour préciser la définition, on ajoute les mots « en mesure électro-magnétique ».

M. le Président donne lecture de la proposition ainsi modifiée :

L'ampère est le courant dont la mesure absolue est 10^{-1} *unités électro-magnétiques CGS.*

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la troisième proposition :

Le volt est la force électro-motrice qui soutient le courant d'un ampère dans un conducteur dont la résistance est l'ohm légal.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, conformément à un vœu qui avait été émis lors de la première session de la Conférence et à la promesse qu'il avait faite au nom du Gouvernement français, des échantillons de platine iridié seront mis à la disposition des savants qui en feront la demande.

M. LE PRÉSIDENT invite M. Broch, président de la troisième Commission, à vouloir bien rendre compte des travaux de cette Commission.

M. BROCH donne, au nom de cette Commission, lecture des propositions suivantes :

L'unité de lumière simple est la quantité de lumière de même espèce émise en direction normale par un centimètre carré de surface de platine fondu, à la température de solidification.

L'unité pratique de lumière blanche est la quantité totale de lumière émise par la même source.

M. LE PRÉSIDENT donne de nouveau lecture de ces propositions.

M. RÒITI (*Italie*) demande de modifier ainsi l'énoncé : « L'unité de chaque espèce de lumière simple ».

M. MASCART fait observer que, dans la rédaction du texte, il suffit d'énoncer une seule fois le mot « espèce ».

Sir W. THOMSON approuve cet énoncé, qui lui paraît plus clair sans changer la nature de la résolution.

M. MASCART et M. BROCH font observer que, dans la seconde partie de la proposition, il conviendrait d'indiquer que la lumière est émise *normalement* par la surface.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la proposition ainsi modifiée :

L'unité de chaque lumière simple est la quantité de lumière de même espèce émise en direction normale par un centimètre carré de surface de platine fondu, à la température de solidification.

L'unité pratique de lumière blanche est la quantité totale de lumière émise normalement par la même source.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

La prochaine séance est fixée au lendemain à une heure un quart.

La séance est levée à 4 heures 5 minutes.

Le Ministre des Postes et des Télégraphes,
Président,
AD. COCHERY.

Les Secrétaires :
H. BECQUEREL; R. LAVOLLÉE.

QUATRIÈME SÉANCE DE LA CONFÉRENCE.

(SAMEDI 3 MAI 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. AD. COCHERY,

MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

Étaient présents :

MM. les Délégués qui assistaient à la précédente réunion.

La séance est ouverte à une heure et demie.

Le procès-verbal de la troisième séance est lu et adopté, après rectification.

M. LE PRÉSIDENT prononce l'allocution suivante :

« MESSIEURS,

« Hier, devant M. le Président de la République, notre savant collègue, M. Broch, constatait l'heureux résultat de vos travaux. Éclairé par les débats de vos Commissions, il pouvait affirmer que votre Conférence avait réussi à formuler des résolutions précises pour la détermination et la représentation matérielle des nouvelles unités pratiques de résistance électrique et de lumière. Quelques heures après, la Conférence, adoptant à l'unanimité les propositions de ses Commissions, confirmait les paroles de M. le Délégué de la Suède et de la Norvège.

« Grâce à votre première Conférence du mois d'octobre 1882, grâce aux précieux travaux que vous aviez prescrits et qui ont été accomplis avec tant de bonheur, vous aurez pu aboutir en quelques jours.

« L'œuvre de la Conférence est achevée, et heureusement achevée. Les vœux exprimés par le Congrès des électriciens de 1881 reçoivent pleine satisfaction.

« Il y a quelques jours, nous apposions nos signatures sur la Convention internationale pour la protection des câbles; aujourd'hui, nous venons de déterminer les deux unités réclamées par le Congrès.

« Il appartient aux différents États qui ont été représentés à cette Conférence, de sanctionner votre œuvre.

« Je tiens à constater les excellents rapports, la cordialité qui n'ont cessé de régner dans notre assemblée et qui ont contribué à nous faire atteindre rapidement le but que nous poursuivions.

« Quant à moi, que vous avez bien voulu honorer de votre confiance en m'appelant à diriger vos séances, je ne saurais trop vous exprimer ma gratitude. Vous avez singulièrement facilité ma tâche par le concours incessant que vous m'avez donné.

« Je veux remercier également les présidents de vos Commissions: ils ont une large part dans le succès de vos travaux.

« Vous aurez accompli, Messieurs, une grande œuvre scientifique, et l'industrie électrique, qui en recueillera les résultats féconds, vous en gardera une profonde reconnaissance. Vous aurez donné les moyens d'étendre, de développer cette industrie au grand avantage de l'humanité; aussi, je le répète, elle n'oubliera pas cette Conférence à laquelle étaient accourus les plus illustres savants du monde, et qui, poursuivant une œuvre d'intérêt général, a fait preuve de tant d'impartialité et de science pour atteindre la vérité. » (*Applaudissements prolongés.*)

M. Broch répond en ces termes :

« Monsieur le Président,

« Nous avons eu, hier, l'honneur d'offrir à M. le Président de la République le témoignage de la reconnaissance des Délégués étrangers pour l'accueil dont ils ont été l'objet de la part du Gouvernement français. En vous renouvelant aujourd'hui l'expression de ces sentiments, nous tenons, Monsieur le Président, à vous remercier de la constante bienveillance dont vous avez fait preuve dans la direction de nos travaux.

« Il n'était pas aisé de les mener à bien. Les savants, en effet, sont difficiles à satisfaire : ils visent à l'absolu; d'accord sur la première décimale, ils discutent la seconde; celle-ci déterminée, ils reprennent le débat sur la troisième. Si, malgré ces obstacles inhérents à la nature même de nos recherches, nous avons si rapidement réussi à nous mettre d'accord et à donner aux sciences physiques deux unités nouvelles, c'est grâce à votre esprit éminemment pratique, si prompt et en même temps si conciliant.

« Le résultat est plus considérable qu'il ne semble au premier abord, et le monde scientifique et industriel en appréciera mieux, de jour en jour, la portée : c'est un succès de plus qui vient s'ajouter, Monsieur le Président, à tous ceux qui ont déjà marqué votre longue carrière ministérielle. Il vous reste à le compléter, en provoquant des démarches qui assurent aux décisions de la Conférence la sanction des divers Gouvernements : cette partie diplomatique de notre œuvre, nous la confions au Gouvernement que vous représentez,

certains que vous saurez préparer l'entente internationale aussi heureusement que vous avez facilité l'accord des savants réunis dans cette enceinte.

« Nous espérons, Monsieur le Président, que vous garderez de nous bon souvenir : celui de votre présidence restera gravé dans nos cœurs. » (*Vifs applaudissements.*)

M. Von Helmholtz propose à la Conférence de s'associer aux paroles que vient de prononcer M. le Président et, en particulier, aux remerciements qu'il a adressés à MM. les Présidents des Commissions. (*Applaudissements.*)

M. Von Helmholtz pense que la Conférence tiendra à comprendre dans ce vote MM. les Secrétaires des Commissions : c'est à leur zèle, à leur intelligence scientifique et à leur activité qu'elle doit d'avoir pu arriver si promptement au terme de ses travaux. (*Vifs applaudissements.*)

M. le Président remercie MM. Broch et Von Helmholtz de leur sympathique langage pour la France et pour lui-même.

Répondant particulièrement à un passage du discours de M. Broch, il rappelle que le Gouvernement de la République doit faire auprès des différents États des démarches en vue de la consécration internationale des résolutions adoptées par la Conférence. C'est une mission que la France a acceptée volontiers et qu'elle se fera un devoir de remplir.

M. le Président demande à MM. les Délégués de vouloir bien, de leur côté, appuyer les tentatives qui seront faites auprès de leurs Gouvernements respectifs et continuer ainsi, dans l'avenir, à l'œuvre de la Conférence le concours si précieux qu'ils lui ont apporté dans le passé.

M. le Président prononce ensuite la clôture des travaux de la Conférence.

La séance est levée à 2 heures.

Le Ministre des Postes et des Télégraphes,
Président,
Ad. COCHERY.

Les Secrétaires :
H. BECQUEREL; R. LAVOLLÉE.

PREMIÈRE COMMISSION.

UNITÉS ÉLECTRIQUES PROPREMENT DITES.

PREMIÈRE SÉANCE.

(LUNDI 28 AVRIL 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. JAMIN.

Étaient présents :

MM. Ludewig, Werner Siemens, von Helmholtz, Kohlrausch, Wiedemann, Millitzer, Fröhlich, Rousseau, Évrard, Gérard, Van der Mensbrugghe, Macartney, Tching-Tchang, Somzée, Montenegro, Ureña y Velasco, Triana, Bergon, Blavier, Mascart, Allard, W. Thomson, Carey Foster, Preece, Fleeming Jenkin, Hughes, Adams, Cap. Abney, Argyropoulo, Ròiti, H. Becquerel, Diaz Covarrubias, Baille, Bosscha, Lenz, Wild, Torrès Caïcedo, Raynaud, Broch, Fr. Weber.

M. Broch propose que M. Jamin soit nommé président.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. Jamin, après avoir pris place au fauteuil, remercie ses collègues, et demande à Sir W. Thomson et à M. von Helmholtz de vouloir bien accepter les fonctions de *vice-présidents*. M. Jamin propose, en outre, que MM. Baille et Gérard soient nommés *secrétaires*.

Cette double proposition est adoptée.

M. le Président prie les membres de vouloir bien donner quelques explications sur les expériences nouvelles.

M. Mascart lit une lettre de M. Lorenz, accompagnant l'envoi d'un mémoire sur ses expériences. Il a trouvé 0,9147, nombre identique à celui de M. Wiedemann, d'où l'on déduit 106c,19 en colonne mercurielle. Cependant ce n'est qu'une valeur préalable. (*Voir annexe n° 1.*)

M. Wiedemann a employé la première méthode de Weber (cadre tournant de 180°). La méthode de Weber a été modifiée par lui en ce qui concerne la multiplication. Les secousses n'ont été données que jusqu'à ce que la déviation fût arrivée aux limites de l'échelle de verre. Il arrive à 106c,19.

M. Lenz (*Russie*) a employé la méthode de M. Lorenz et a obtenu 106c,13.

M. Fr. Weber (*Suisse*) a fait de nouvelles recherches en employant ses méthodes précédentes. Il a obtenu 105c,33.

Sir W. Thomson donne quelques détails sur les expériences de lord Rayleigh. Deux méthodes bien distinctes ont été employées, celle de l'Association britannique et celle de M. Lorenz modifiée. M. Glazebrook a obtenu aussi un résultat, et en combinant tous ces résultats, on obtient 106c,25.

M. Mascart donne des explications sur le mémoire qu'il a distribué. Il avertit que la moyenne donnée (106c,33) est une moyenne brute obtenue sans discussion. Si l'on voulait tenir compte de la valeur relative des différentes expériences, il faudrait rejeter celles qui n'ont été faites qu'une fois, soit parce que les impulsions étaient trop petites, soit parce que l'emploi d'un shunt dans la comparaison de la sensibilité des appareils rendait cette étude laborieuse. Il conclut en disant que le nombre réel lui paraît compris entre 106,2 et 106,3, mais avec cette indication seulement qu'il est plus près de 106,3 que de 106,2.

Relativement à la qualité des méthodes, il n'a jamais multiplié l'induction; il employait un amortissement d'environ $\frac{1}{100}$; et, au moins dans les conditions de ses expériences, il a trouvé la méthode de Weber supérieure comme précision à celle de Kirchhoff, parce que la mesure du courant inducteur est difficile à faire au moment de l'inversion.

M. Wild a employé la méthode d'amortissement et trouvé 105,68.

M. Ròiti a employé la méthode de Kirchhoff profondément modifiée par lui et a obtenu 105,90.

Sir W. Thomson rappelle le résultat que Joule avait publié en 1866. Dans ses études sur la thermo-dynamique, en déterminant l'équivalent mécanique de la chaleur, Joule avait mesuré l'ohm et trouvé un résultat qui donne 106,22 pour la colonne de mercure.

M. von Helmholtz croit qu'il faut avant tout discuter les méthodes et rechercher quelles sont les causes des différences qui existent entre les nombres donnés. Un petit nombre de ces travaux ont été publiés complètement, d'autres ne sont connus que par de courtes notes. Il pense qu'il faudrait nommer une sous-commission conprenant ceux qui ont étudié spécialement cette question, et il craint que le délai d'aujourd'hui à demain ne soit un peu court.

M. Wiedemann trouve la proposition juste, mais d'une application difficile. Le mémoire de M. Wild, par exemple, présente beaucoup de calculs qu'on n'aurait pas le temps d'étudier. Il vaudrait mieux prendre un ohm définitif se rapprochant de la moyenne des nombres obtenus. L'industrie demande un nombre; la science est indépendante, elle prendra un nombre qui se rapprochera de plus en plus de la vérité, à mesure que les observations deviendront plus précises. Il propose, soit 106 comme nombre rond, soit 106.2 comme nombre qui paraît se rapprocher de l'ohm théorique. M. Rowland a publié dernièrement qu'il faisait un travail qui ne serait fini qu'en novembre; il lui paraît juste de l'attendre et de ne prendre qu'un nombre provisoire jusque-là.

M. Mascart lit un extrait de lettre de M. Rowland. (*Voir annexe n° 2.*)

Sir W. Thomson appuie ce que dit M. Wiedemann. Il croit qu'il faut adopter d'une manière définitive $106^c,2$ ou $106^c,25$. Il fait observer que le coefficient du changement de la résistance du maillechort avec la température est de 0.3 p. o/o; s'il y a dans l'étalon une petite différence, il suffira de changer la température à laquelle l'étalon sera exact. Il pense donc qu'on peut prendre $106^c,25$ comme sensiblement exact aux températures ordinaires.

M. Wiedemann demande $106^c,2$ comme plus rapproché de la moyenne générale.

M. Wild appuie l'opinion de M. von Helmholtz pour la nomination d'une commission chargée de discuter les méthodes. La décision n'est pas si urgente, et l'on pourra dans la discussion trouver peut-être quelques-unes des causes de la divergence.

M. Ròiti appuie également la nomination de cette sous-commission. Il ne voit aucune raison de prendre $106^c,2$ plutôt qu'un autre nombre.

M. Mascart dit que M. Adams a relevé la statistique de toutes les déterminations connues et arrive comme moyenne à un nombre supérieur à 106^c. (*Voir annexe n° 2.*)

M. Kohlrausch dit qu'on trouve $106^c,07$ en prenant la moyenne des déterminations indiquées en séance.

M. Diaz Covarrubias (*Mexique*) dit qu'il faut attribuer des poids aux méthodes et aux observations.

M. Ròiti prétend que cette opération n'est pas possible en quelques heures. Pour donner des poids aux résultats, il faut connaître tous les détails des observations, les calculs, etc.

M. W. Grylls Adams (*Grande-Bretagne*) dit qu'il a relevé la statistique des quinze déterminations connues, et qu'il aura tous les documents demain. (*Voir annexe n° 3.*)

M. Carey Foster (*Grande-Bretagne*) distribue une note de lord Rayleigh sur l'équivalent électro-chimique de l'argent.

M. Fleeming Jenkin (*Grande-Bretagne*) dit qu'il est très important d'arriver à une décision. La question scientifique n'est pas à considérer, et la Conférence s'arrogerait un droit qu'elle n'a pas en fixant définitivement l'approximation de l'ohm.

M. le Président met aux voix la nomination d'une sous-commission.
Cette proposition est adoptée.

M. Mascart demande à ne pas faire partie de la Sous-Commission, ne voulant pas être à la fois juge et partie.

M. Jamin insiste. C'est à ceux qui ont étudié cette question à éclairer la discussion.

M. von Helmholtz ajoute que ceux qui sont en retard pour leurs publications exposeront leurs méthodes.

M. Kohlrausch (*Allemagne*) rappelle que la Conférence avait décidé de ne s'arrêter qu'au millième.

M. Mascart fait observer que la résolution adoptée permet de s'arrêter avant, si l'on ne peut pas atteindre le millième.

Sont nommés membres de la Sous-Commission :

MM. W. Grylls Adams.
Baille.
Carey Foster.
Fleeming Jenkin.
Fröhlich.
von Helmholtz.
Kohlrausch.
Lenz.
Mascart.
Ròiti.
W. Siemens.
Sir W. Thomson.
MM. Fr. Weber.
Wiedemann.
Wild.

La prochaine réunion de la Commission est fixée au lendemain, à 10 heures.

Le Président,
JAMIN.

Les Secrétaires :
BAILLE ; GÉRARD.

ANNEXE N° 1

AU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DE LA PREMIÈRE COMMISSION DU 28 AVRIL.

RÉSUMÉ

DES EXPÉRIENCES SUR LA DÉTERMINATION DE L'OHM, PAR M. LORENZ.

Copenhague, le 25 avril 1884.

Le Gouvernement danois m'ayant fourni les moyens nécessaires pour la détermination de l'ohm, j'ai entrepris une série d'expériences sur cet objet. En regrettant de n'avoir pas encore réussi à terminer ces expériences, je prends la liberté de présenter à la Conférence un résumé des résultats obtenus jusqu'ici :

1° La résistance absolue d'une colonne de mercure a été mesurée par la vitesse de rotation d'un disque de laiton tournant à l'intérieur d'un grand solénoïde (longueur : 100^{cm}; diamètre : 33^{cm}) traversé par un courant constant.

La moyenne de quarante-trois observations m'a donné :

Unité mercurielle : $0^{ohm},9417$.

Cependant ce n'est là qu'une valeur préalable, la concordance des mesures n'étant pas encore assez satisfaisante. Toutefois je ne doute pas que le résultat final ne soit, d'un côté, supérieur aux résultats obtenus par MM. Glazebrook et Sargant, par lord Rayleigh et, dernièrement, par M. Mascart; et de l'autre, très inférieur aux résultats de MM. Dorn et Wild. A ce propos, je ferai remarquer que toutes les méthodes employées peuvent être classées en trois groupes distincts :

1° Méthodes par les courants instantanés;

2° Méthodes par les courants constants;

3° Méthodes par les courants oscillants.

A ces trois groupes de méthodes correspondent trois sortes de résistances : celle des courants instantanés, celle des courants constants et celle des courants oscillants d'une manière déterminée.

Ce n'est que par des expériences directes que l'on pourra savoir s'il y a une différence entre ces trois sortes de résistances. Mais, en attendant, je ferai seulement remarquer que lorsqu'il se produit des forces thermo-électriques dans un conducteur, ces forces, ayant le même effet que la polarisation d'un électrolyte, feront augmenter la résistance des courants constants, tandis qu'elles n'auront aucune influence sur

la transmission des courants instantanés (méthode de Kirchhoff et de Weber II) ou des courants oscillant très rapidement (méthode de l'Association Britannique). La résistance de ces derniers courants doit donc être trouvée plus faible que celle des courants constants.

2° Le mercure employé a été obtenu en grande quantité (16 kilog.) en distillant de l'oxyde de mercure préparé avec du mercure purifié. Cependant je n'ai pu constater aucune différence, par rapport à la conductibilité électrique, entre ce mercure et le mercure soigneusement obtenu par les procédés ordinaires.

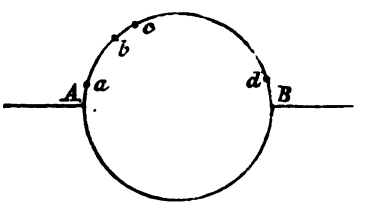
J'ai étudié avec grand soin les résistances des colonnes de mercure, à des sections très diverses, en soupçonnant quelque influence de la surface du mercure sur la conductibilité. Mais aucun effet à cet égard n'a été trouvé.

Le même résultat négatif a été obtenu quant à l'influence de la variation de l'intensité du courant sur la résistance.

Pour le coefficient thermique des résistances apparentes du mercure dans le verre, j'ai trouvé 0,000901 entre 0° et 27°,3, valeurs qui se rapprochent beaucoup du nombre donné par M. Mascart, tandis qu'il est un peu supérieur au nombre donné par lord Rayleigh et par M. Lenz.

3° J'ai construit des étalons de résistance, qui, entre certaines limites, sont indépendants de la température et de l'échauffement produit par le courant.

Deux fils ab et $bcda$, l'un en platine ou en cuivre, l'autre en platine-argent ou maillechort, sont soudés de manière à former un circuit fermé. Un courant, qui passe en se divisant de A à B, fait naître en deux points quelconques c et d une différence de potentiel. Le rapport de ce potentiel à l'intensité du courant transmis représente la résistance de l'étalon. Par exemple, la résistance étant égale à un ohm, le nombre d'ampères parcourant le conducteur $A\ B$ sera égal au nombre de volts qu'on aura entre c et d.



La compensation thermique est effectuée en faisant :

$$\frac{R}{r} = \frac{\alpha}{\beta} - 2,$$

$r(1+\alpha t)$ et $R(1+\beta t)$ étant les résistances à la température des deux fils ab et $bcda$.

L'effet de l'échauffement par le courant est éliminé en égalant les résistances des deux parties AB du circuit fermé et en prenant les diamètres des deux fils en raison inverse de la racine cubique de leur conductibilité.

L'emploi de ces étalons exige des méthodes spéciales. J'ai employé deux méthodes différentes, l'une pour de grandes résistances, l'autre pour des résistances très petites;

et trouvant ces méthodes plus commodes et plus exactes que d'autres, je les ai préférées dans toutes mes mesures de résistances. Je me bornerai à mentionner la première.

Une ou deux bobines étant placées à quelque distance, d'un galvanomètre de grande résistance, on fait traverser ces bobines et les résistances à mesurer par un courant. Une dérivation du courant qui traverse l'une des résistances passe dans le galvanomètre. On introduit un rhéostat dans le circuit du courant dérivé, et l'on fait varier l'intensité de ce courant jusqu'à ce que son action directe sur l'aiguille du galvanomètre soit égale à l'action du courant principal des bobines extérieures. En introduisant, par exemple, successivement deux résistances ordinaires, puis leur somme, on trouve le rapport des deux résistances entre elles et avec la résistance de tout le circuit dérivé.

La même méthode peut être appliquée pour comparer des résistances ordinaires à la résistance d'un étalon définie de la manière indiquée plus haut.

LORENZ.

ANNEXE N° 2

À LA SÉANCE DE LA PREMIÈRE COMMISSION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

EXTRAIT

D'UNE LETTRE DE M. HENRY A. ROWLAND.

Les expériences relatives à la détermination de l'ohm ont été préparées à Baltimore au moyen d'une partie du crédit de 12,500 dollars alloué dans ce but, l'année dernière, par le congrès des États-Unis.

Après une étude préliminaire, les appareils destinés à ces expériences ont été mis en construction en juin 1883. Les autorités de l'Université John Hopkins ont bien voulu mettre à ma disposition une construction qui est située en dehors de la ville, à l'endroit appelé Clifton, et qui a été transformée en laboratoire.

La source d'électricité qui servira aux expériences est une pile secondaire du système Planté, chargée par une machine dynamo-électrique actionnée par une machine à vapeur d'environ 5 chevaux de force.

Trois méthodes au moins seront employées pour la détermination de l'ohm. La première repose sur l'induction mutuelle de deux circuits; j'ai déjà fait usage de cette méthode en 1878, mais dans les nouvelles expériences les dimensions des appareils seront considérablement augmentées; les bobines auront un mètre de diamètre.

La deuxième méthode est basée sur l'échauffement d'un conducteur par le courant électrique, le même fil étant échauffé successivement par le courant et par des moyens mécaniques. Les appareils employés seront ceux qui m'ont servi, en 1879, pour déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur. Afin d'éviter les pertes, le calorimètre sera rempli d'un liquide non conducteur au lieu d'eau. Pour mesurer l'énergie électrique, on a construit un électro-dynamomètre ayant des bobines d'un mètre de diamètre.

La troisième méthode est celle de Lorenz. Pour déterminer la vitesse du disque, il sera fait usage d'un diapason mû par un mécanisme d'horlogerie, construit par König, de Paris.

La comparaison de l'unité de l'Association Britannique avec l'unité mercurielle est près d'être terminée; en dehors de cela, aucun résultat n'a été obtenu jusqu'à présent, mais je crois pouvoir donner mes résultats définitifs en novembre.

Comme ces expériences seront faites avec les précautions les plus grandes et dans des conditions très favorables, grâce à la générosité du Congrès, il est à espérer qu'aucune décision concernant la valeur définitive de l'ohm ne sera prise avant cette époque; de cette manière, les États-Unis et d'autres pays pourront accepter l'étalon arrêté.

HENRY A. ROWLAND.

ANNEXE N° 3

À LA SÉANCE DE LA PREMIÈRE COMMISSION DES UNITÉS ÉLECTRIQUES.

COMPARAISON

DES DIVERSES VALEURS DE L'UNITÉ À MERCURE ET DE L'UNITÉ DE RÉSISTANCE DE L'ASSOCIATION BRITANNIQUE,

PAR M. LE PROFESSEUR *A. Grylls Adams* (*F. R. S.*).

Je désire soumettre à l'attention de la Conférence un tableau comparatif, que j'ai établi, des diverses valeurs de l'unité à mercure de Siemens et de l'unité de résistance de l'Association Britannique, qui ont été déterminées jusqu'à ce jour.

Les résistances sont exprimées en ohms, et dans le tableau qui les contient se trouve aussi la valeur, qu'on déduit de chacune d'elles, d'une colonne de mercure de 1^{mmq} de section à 0 degré et qui aurait la résistance d'un ohm.

J'ai pris en considération 22 déterminations différentes, toutes faites depuis celle de l'unité de l'Association Britannique, en 1864 (lorsque j'ai eu l'honneur d'aider le professeur Clark-Maxvell dans les expériences faites par lui à King's College London), jusqu'aux plus récentes. Parmi les résultats obtenus s'en trouvent 3 qui diffèrent de la moyenne de tous les autres par plus de 1 pour cent: ce sont l'unité originale de l'Association Britannique, et celles qui ont été fixées par le professeur H.-F. Weber de Zurich, en 1877, qui sont de 1 p. o/o au-dessus de l'unité de l'Association Britannique. Ces trois déterminations ne sont pas comprises dans la moyenne établie dans le tableau.

Avant l'année 1882, époque de la dernière réunion de la Conférence, il n'y avait que 5 déterminations, dont une faite par le docteur Joule, en 1866, à laquelle on n'a pas attaché l'importance qu'elle mérite, car d'après les dernières expériences on voit que c'était une détermination excessivement juste.

Depuis 1882 jusqu'à ce jour, on a établi 14 déterminations nouvelles; 7 de ces valeurs ne diffèrent de celle obtenue par le docteur Joule que par moins de 0,001 d'un ohm, et cette valeur du docteur Joule est exactement la moyenne des deux dernières observées par M. Mascart et le docteur Wiedemann. Des quatre déterminations faites à l'Université de Cambridge par lord Rayleigh, les chiffres obtenus dans les trois dernières expériences, chacune faite par un procédé différent, coïncident d'une façon très remarquable, et la seconde valeur, obtenue par la méthode de Weber, est considérée comme étant plus exacte que la première.

En prenant la moyenne des 19 résultats (en écartant les trois dont j'ai parlé plus haut et qui diffèrent tant des autres), on obtient les valeurs suivantes en ohms de l'unité à mercure de Siemens et de l'unité de l'Association Britannique, et la longueur donnée pour la colonne de mercure qui a la résistance d'un ohm.

4 déterminations différentes de la valeur relative de l'unité de Siemens et celle de l'Association britannique ont été établies, pendant l'année passée, par lord Rayleigh; et de la moyenne des résultats obtenus, il trouve que cette valeur est de 0,95412 au lieu de 0,95365 donné jusqu'à présent. Le chiffre 0,95384 est la moyenne des déterminations par lord Rayleigh et par M. Mascart.

Le chiffre de 0,95384 a été employé en établissant le tableau comparatif que j'ai l'honneur de soumettre au Congrès.

TABLEAU COMPARATIF.

ANNÉES.	OBSERVATEURS.	UNITÉ À MERCURE de Siemens.	B. A. UNITÉ.	COLONNE DE MERCURE.	MÉTHODES.
1881....	Rayleigh et Schuster...	0.94*36	0.9893	105cm.98	British Association.
1882....	Rayleigh.....	0.9410*	0.9865	106. 28	*Idem.*
1882....	H. Weber.....	0.9421*	0.9877	106. 14	*Idem.*
1874....	Kohlrausch.....	0.9442	0.9899*	105. 91	Weber (Ire Méthode).
1884....	Mascart.....	0.9406*	0.9861	106. 32	*Idem.*
1884....	Wiedemann.....	0.9417	0.9873*	106. 19	*Idem.*
1878....	Rowland.....	0.9453*	0 9911	105. 79	Kirchoff.
1882....	Glazebrook.....	0.9408*	0.9863	106. 30	*Idem.*
1884....	Mascart.....	0.9406*	0.9861	106. 32	*Idem.*
1884....	F. Weber.....	0.9490	0.9949*	105. 37	*Idem.*
1884....	Ròiti.....	0.9443	0.9902	105. 90	Ròiti.
1873....	Lorenz.....	0.9337	0.9788*	107. 10	Lorenz.
1884....	Lorenz.....	0.9417	0.9873*	106. 19	*Idem.*
1883....	Rayleigh.....	0.9412*	0.9868	106. 24	*Idem.*
1884....	Lenz.....	0.9422	0.9878*	106. 13	*Idem.*
1882....	Dorn.....	0,9482	0.9941*	105. 46	Weber (amortissement).
1883....	Wild.....	0.9462	0.9920*	105. 68	*Idem.*
1884....	H.-F. Weber.....	0.9500	0.9960*	105. 26	*Idem.*
1866....	Joule.....	0.9413*	0,9869	106. 23	Joule.
.....	MOYENNNE.....	0.9430	0.9887	106. 04	

* Ces nombres ont été calculés en prenant 0,95384 pour rapport de l'unité mercurielle à l'unité de l'Association Britannique.

PREMIÈRE COMMISSION.

UNITÉS ÉLECTRIQUES PROPREMENT DITES.

PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DE LA SOUS-COMMISSION.

(SÉANCE DU LUNDI 28 AVRIL 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. MASCART.

La séance est ouverte à 4 heures.

Présents :

MM. Adams, Baille, Carey Foster, Fleeming Jenkin, Froehlich, von Helmholtz, Kohlrausch, Lenz, Mascart, Ròiti, W. Thomson, Wiedemann, Wild.

M. von Helmholtz propose d'offrir la présidence de la Sous-Commission à M. Mascart. — Adopté.

M. Mascart prend place au fauteuil de la présidence, en remerciant la Sous-Commission de l'honneur qu'elle veut bien lui faire.

M. Fleeming Jenkin propose d'arriver, par un moyen mécanique, au but qu'on se propose, savoir : la fixation de la valeur de l'ohm en colonne mercurielle. Comme il est important de fixer cette valeur promptement pour les besoins des fabricants, et que, d'autre part, la discussion des travaux exécutés par chaque expérimentateur serait extrêmement longue, il serait préférable de passer simplement en revue les différentes déterminations connues, et de voir quelles sont celles qui méritent d'être prises en considération. Il y aurait ensuite lieu d'examiner si plusieurs séries distinctes de déterminations faites par un seul observateur doivent entrer en ligne de compte séparément ou par leur moyenne seulement.

M. von Helmholtz fait observer que le résultat obtenu ainsi n'aurait point une valeur vraiment scientifique. Toutefois il appuie volontiers la proposition de

M. Jenkin, à la condition que le nombre adopté ne comportera pas plus de quatre chiffres.

Sir W. Thomson dit qu'en présence des résultats concordants et certainement exacts obtenus par lord Rayleigh, MM. Glazebrook, Lorenz, Mascart et Wiedemann, on pourrait s'arrêter au nombre 106,2 ou bien à 106,25. Il existe, il est vrai, d'autres déterminations discordantes avec les précédentes, entre autres celle de M. Ròiti. Il a lu avec le plus grand intérêt le mémoire de ce savant qui présente des observations très judicieuses et discute les détails des expériences d'une manière très complète. Mais l'emploi de la pile de Daniell et des contacts momentanés, en raison des variations de la force électro-motrice de la pile et de la durée incertaine et très courte des contacts primaires et secondaires, qui peut introduire une correction relative à la self-induction du courant primaire, donne lieu à quelques erreurs qu'il est bien difficile d'éviter et qui peuvent rendre le résultat un peu trop faible. Sir W. Thomson considère qu'il est impossible d'arriver à un chiffre très précis par la méthode en question sans quelques modifications.

M. Ròiti répond qu'il a fait ses expériences avec le plus grand soin : il s'est bien assuré, chaque fois, que l'influence des variations de force électro-motrice de la pile était insensible, et il a tous les motifs de croire qu'il en est de même de la polarisation. Il ajoute que, s'il restait encore quelques doutes au sujet de la polarisation de la pile, on pourrait substituer à la pile Daniell le disque tournant de M. Lorenz. D'ailleurs, si cette cause d'erreur avait été sensible, les corrections à faire l'auraient éloigné encore davantage du chiffre de lord Rayleigh.

Quant à la self-induction, il fait observer que la durée de l'extra-courant ne peut arriver à un centième de seconde, tandis que la fermeture des deux circuits a duré toujours plus d'un quarantième de seconde. Du reste, quand il réduisait la durée de cette fermeture, il s'apercevait bien clairement de la perturbation produite par la self-induction : car, dans ce cas, le galvanomètre était si instable que toute mesure était impossible.

M. Ròiti signale lui-même comme une des causes d'erreur principales les défauts dans l'isolement des conducteurs, qui devrait être assuré comme s'il s'agissait de déterminations électrométriques.

Sa méthode ne comporte aucune correction, si ce n'est celle de la température.

M. Wild, parlant de la méthode employée par lui, dit que l'erreur provenant des effets d'induction ne dépasse certainement pas 0,0003. Si son chiffre s'écarte de plusieurs autres, cela doit tenir à la méthode même ; car MM. Dorn

et Weber, qui ont employé également l'amortissement, ont trouvé des résultats très concordants avec le sien.

M. Mascart propose, pour s'éclairer sur ce point, de grouper les expériences par méthodes. Il donne lecture du tableau suivant :

	EXPÉRIMENTATEURS.	NOMBRE TROUVÉ.
1° Méthode de l'Association britannique.	Association Britannique	104,83
	Rayleigh-Schuster	106,00
	Rayleigh (1882)	106,27
	H Weber	106,16
2° Méthode de Weber (cadre tournant de 180°).	Kohlrausch	105,91
	Wiedemann	106,19
	Mascart	106,33
3° Méthode de l'induction voltaïque.	F. Weber	105,02
	Rowland	105,79
	Glazebrook	106,29
	Mascart	106,33
	Ròiti	105,90
	Fr. Weber	105,33
4° Méthode de Lorenz	Lorenz (préliminaire)	107,1
	Rayleigh	106,24
	Lenz	106,13
	Lorenz (récent)	106,19
5° Méthode de Weber (amortissement).	Dorn	105,46
	Fr. Weber	105,26
	Wild	105,68
	Baille	105,37
6° Méthode calorifique	Joule	106,22

MM. Fr. Weber et Ròiti pensent que cette dernière méthode est très inférieure aux autres et que le chiffre de M. Joule devrait être écarté.

Sir W. Thomson exprime un avis contraire et dit que la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur a été faite par M. Joule avec le plus grand soin.

M. Fleeming Jenkin demande que certains nombres sur la liste précédente soient écartés préalablement comme étant trop anciens, entre autres celui de l'Association Britannique.

M. Mascart supprime sur la liste précédente, avec l'assentiment de la Sous-Commission, les chiffres qui suivent :

1° Ceux de l'Association Britannique et de Rayleigh-Schuster (méthode B.-A.);

2° Celui de M. Fr. Weber (nombre ancien);

3° Celui de M. Lorenz (nombre primitif) ;

4° Celui de M. Baille (nombre provisoire).

M. von Helmholtz demande si l'on doit compter séparément les expériences distinctes d'un même observateur.

M. Wiedemann fait observer à ce propos qu'il a fait deux séries essentiellement distinctes d'expériences.

M. Wild a également fait plusieurs séries.

M. Mascart fait remarquer qu'il a fait lui-même dix-sept séries d'expériences et qu'il lui semblerait exagéré de les compter séparément; ce serait leur accorder une influence trop considérable.

M. Ròiti fait une remarque analogue.

M. Fleeming Jenkin demande si la Sous-Commission entend donner la préférence à certaines méthodes en leur attribuant des coefficients.

M. Mascart remarque que la méthode de Lorenz est celle qui a donné les résultats les plus concordants. Elle avait, d'ailleurs, été recommandée spécialement par la Conférence internationale des unités électriques en 1882.

M. Lenz appuie cette observation et considère la méthode de Lorenz comme la meilleure.

M. Mascart donne lecture des chiffres obtenus par les diverses méthodes :

Méthode de l'Association Britannique.....	106,21
——— Weber (cadre tournant).....	106,14
——— de l'induction voltaïque.....	105,93
——— Lorenz.....	106,19
——— Weber (amortissement).....	105,47
——— Joule.....	106,22

Au sujet de la méthode de M. Joule, M. Mascart demande quelle est la date de la dernière détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur.

Sir W. Thomson et M. Carey Foster répondent que la publication des dernières expériences de Joule a eu lieu en 1877 ou 1878.

Sir W. Thomson ajoute que le nombre obtenu par Lord Rayleigh par la méthode de Lorenz doit être un peu corrigé et être pris égal à 106,21 au lieu de 106,24.

M. Fleeming Jenkin est d'avis que la discussion des valeurs des diverses méthodes employées présenterait de grandes difficultés. Il propose, comme moyen mécanique, de multiplier le chiffre obtenu par chaque expérimentateur par un coefficient proportionnel au nombre des expériences qu'il a faites.

M. Wild fait observer que ce procédé n'éliminerait nullement les erreurs constantes de chaque méthode. D'autre part, on ne saurait donner la préférence à certaines méthodes, même à celle de Lorenz, sur les autres, en raison des points obscurs qui subsistent encore dans chacune d'elles. Il serait préférable de s'en tenir simplement à la moyenne générale de tous les nombres obtenus.

M. Baille signale dans la méthode d'amortissement une cause d'erreur tenant à la variation de la déclinaison.

M. Wild répond qu'en ce qui concerne ses expériences, l'erreur en question a été éliminée par l'emploi d'une suspension bifilaire.

M. von Helmholtz, à propos des méthodes fondées sur l'induction, fait remarquer qu'il est très difficile d'obtenir un isolement absolument satisfaisant, à cause de la grande intensité du courant au début. Dans les méthodes de Lorenz et de l'Association Britannique, dans la première de Weber, l'induction dépend du mouvement de masses pondérables, et le courant induit ne devient jamais aussi fort.

M. Fr. Weber dit qu'il a contrôlé dans toutes ses expériences l'existence d'un isolement parfait.

M. Fleeming Jenkin demande si, en présence des écarts notables que présentent les résultats de la méthode d'amortissement, on peut lui attribuer la même valeur qu'aux autres.

Sir W. Thomson pense qu'il y a là un point délicat et qu'une discussion de ce genre serait très difficile.

M. Ròiti, faisant observer qu'il s'agit de fixer une unité pratique, propose d'adopter le chiffre rond de 106^{cm}, qui se rapproche beaucoup de la moyenne générale des résultats.

M. Kohlrausch fait connaître qu'effectivement la moyenne générale est 106,03 pour les méthodes et 105,98 pour les expériences.

M. von Helmholtz adopte le chiffre rond 106^{cm}.

Sir W. Thomson préfère le nombre 106,2, qui est certainement beaucoup plus probable que 106.

M. Ròiti dit qu'il n'est pas de cet avis.

MM. Wild et Wiedemann adoptent le chiffre rond 106.

M. Fleeming Jenkin croit que le nombre 106,2 est beaucoup plus exact que 106. Toutefois il se rallie à ce dernier nombre, qui aura l'avantage de ne pas diviser les savants.

M. le Président met aux voix la proposition de M. Ròiti tendant à adopter le nombre rond 106.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. Mascart est chargé de rapporter cette décision à la Commission et de lui expliquer les motifs pour lesquels elle a été prise.

M. Ròiti propose d'appeler *ohm légal* l'étalon qui sera adopté par la Conférence.

M. Mascart, d'accord avec la Sous-Commission, lit la rédaction suivante : « *L'ohm légal est la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de 106 centimètres de longueur, à la température de 0° centigrade.* »

La séance est levée à 5 heures et demie.

Le Président,
MASCART.

Le Secrétaire,
BAILLE.

PREMIÈRE COMMISSION.

UNITÉS ÉLECTRIQUES PROPREMENT DITES.

DEUXIÈME SÉANCE.

(MARDI 29 AVRIL 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. JAMIN.

Sont présents :

MM. Ludewig, Werner Siemens, von Helmholtz, Kohlrausch, Wiedemann, Millitzer, Fröhlich, Rousseau, Gérard, van der Mensbrugghe, MacCartney, Somzée, Montenegro, Ureña y Velasco, Triana, Jamin, Bergon, Blavier, Mascart, sir W. Thomson, Carey Foster, Preece, Fleeming Jenkin, Hughes, Adams, Abney, Ròiti, Tacchini, H. Becquerel, Diaz Covarrubias, Baille, Bosscha, Général Nazare-Aga, Lenz, Wild, Torrès Caïcedo, Raynaud, Broch, Fr. Weber.

M. Tching-Tchang (*Chine*) s'excuse de ne pouvoir assister à la réunion de ce jour.

Le procès-verbal de la première séance est lu par M. Baille et adopté sans observations.

M. Mascart, rapporteur de la Sous-Commission, donne lecture de la résolution adoptée à l'unanimité par cette Sous-Commission :

« L'ohm légal est la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de 106 centimètres de longueur, à la température de zéro centigrade. »

La Sous-Commission avait commencé à examiner les résultats groupés par

méthodes. La discussion des méthodes a été rapidement reconnue impossible, et l'on s'est finalement rallié au nombre 106, qui représente sensiblement la moyenne des observations présentées. Dans ce nombre les trois chiffres sont certains, et l'ohm théorique ne peut différer qu'extrêmement peu de l'ohm légal proposé. La Sous-Commission a adopté à l'unanimité ce nombre 106, parce que c'est un nombre rond, plutôt que comme moyenne des observations connues. Sir W. Thomson a fortifié cette opinion, en ajoutant que l'unanimité de la Sous-Commission était préférable à une approximation de 2 millimètres, au point de vue de l'influence morale sur les différents Gouvernements.

M. le Président met aux voix la proposition de la Sous-Commission, qui est adoptée à l'unanimité.

M. le Président demande que la Commission émette le vœu que le Gouvernement français insiste auprès des Gouvernements étrangers pour qu'ils ratifient la décision qui vient d'être prise.

M. Ròiti trouve ce vœu superflu. Les Délégués ont adopté la définition de l'ohm légal, ce qui était leur unique mission.

M. le Président demande si les Délégués ont qualité officielle pour engager leurs Gouvernements.

M. Ròiti dit que leur délégation contient implicitement cette qualité; mais que, pour éviter toute discussion, il se rallie à l'avis de M. le Président.

M. Bergon (*France*) demande si le vœu en question n'est pas de la compétence exclusive de la Conférence plénière.

M. le Président explique que la Commission a pour mission de préparer le travail à la Conférence plénière. Il met aux voix la proposition suivante :

« La Conférence émet le vœu que le Gouvernement français veuille bien transmettre cette résolution aux divers États et en recommander l'adoption. »

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le Président demande si la Commission ne veut pas s'occuper maintenant des étalons pratiques.

M. Mascart rappelle que, dans la première réunion de la Conférence, M. Dumas avait pris l'engagement, au nom du Gouvernement de la République française, de fournir aux Délégués des échantillons de platine iridié pour la comparaison de leurs expériences. Cet engagement n'a pu être rempli par

suite de circonstances diverses; et aujourd'hui M. Debray est seul au courant de la question de la fusion et de la préparation des alliages de platine iridié. Il est donc utile d'entendre les explications de M. Debray. Pour lui, son avis est différent de ce qu'il était autrefois. Il y a sans doute avantage à employer un alliage dont la variation de résistance avec la température soit très faible; mais il est très difficile d'avoir, en dehors de la température ambiante, la température exacte d'un étalon formé par un fil métallique. Il pense donc qu'il vaudrait mieux adopter un étalon en mercure sous une forme analogue à celle qu'il mettra sous les yeux des Délégués. Le mercure est enfermé dans des tubes de verre en spirales. Le verre isole toujours de la même façon; et, si une fissure se produit dans les tubes, on en est averti immédiatement, car l'étalon est mis hors d'usage.

M. Wiedemann rappelle que M. W. Siemens a construit des copies semblables, il y a une quinzaine d'années. D'un autre côté, il possède des étalons en maillechort également établis par M. Siemens, depuis le même temps et qui sont restés en parfaite concordance avec l'unité de mercure.

M. Mascart fait remarquer que les tubes de verre sont remplis de mercure dans le vide et conservés dans cet état.

M. Werner Siemens (*Allemagne*) a également dans son laboratoire différentes formes d'étalons remplies dans le vide. Ce remplissage dure environ une demi-heure. A la longue, la résistance du mercure change, par suite d'une sorte de solidification qui se produit à la surface. Il faut avoir la précaution d'agiter le mercure pour que les mêmes points du liquide ne restent pas en contact avec les électrodes.

Il convient également d'employer des fils amalgamés, mais, par cette raison même, la pureté du mercure s'altère. De plus, les tubes de verre doivent se reposer pendant six mois environ après le soufflage; ils se maintiennent alors constants pendant une durée très longue, vingt ans au moins d'après les expériences de M. Siemens.

M. von Helmholtz cite des expériences faites par un de ses élèves sur la résistance du mercure. Le métal a d'abord été distillé dans le vide, puis purifié avec beaucoup de soin. On a ensuite mesuré sa résistance après y avoir ajouté des impuretés connues. Cette mesure comportait une approximation de $\frac{1}{100,000}$. Certaines impuretés qui altèrent la surface du mercure n'ont aucun effet sur sa résistance.

L'étalon mercuriel servira pour le contrôle; mais, dans la pratique, il sera necessaire de construire des étalons formés de métaux solides. D'après

l'expérience faite dans son laboratoire, le maillechort donne des résultats très réguliers.

M. Lenz rappelle qu'il a démontré, dans un mémoire déjà publié, que la méthode d'épuration du mercure n'exerce aucune influence sur sa résistance, et que de petites impuretés, ajoutées au mercure, ne changent pas sa résistance. Quant à l'influence des électrodes, il a constaté dans une recherche spéciale qu'une telle influence n'est pas appréciable : il a employé des électrodes en platine poli, dépoli, amalgamé, du cuivre amalgamé et nickelé, et il a toujours trouvé la même résistance.

M. Werner Siemens fait remarquer qu'à la longue l'air s'interpose entre les électrodes et le mercure. En outre, les électrodes de platine se dissolvent dans le métal liquide.

M. Kohlrausch emploie une méthode qui permet de mesurer la résistance du mercure à $\frac{1}{10.000}$ au moins, en faisant usage de fils de platine de $\frac{1}{10}$ de millimètre carré de section seulement. La méthode permet d'éliminer la résistance des points doe cntact.

M. Fleeming Jenkin pense qu'il est très difficile d'arriver à une solution immédiate pour la question examinée. Il propose de former une sous-commission chargée de procéder à une étude plus approfondie.

M. von Helmholtz remarque que, d'après la décision du Congrès des électriciens de 1881, la tâche de la Conférence doit se borner à l'indication de la longueur de la colonne mercurielle représentative de l'ohm. Chaque pays aura à choisir ses étalons pratiques; mais ces étalons particuliers seront toujours contrôlés avec l'étalon à mercure et ne seront que des copies.

Pour construire une résistance mercurielle, il faut employer un tube étroit terminé par des coupes de grande section. Il convient de tenir compte de la résistance introduite par ce mode de connexion, au moyen d'une correction analogue à celle dont on fait usage pour les tuyaux d'orgue, dont la longueur théorique est différente de la longueur vraie.

M. Lenz dit que M. Mascart et lui ont mesuré cette correction et l'ont trouvée en parfait accord avec le coefficient donné par Maxwell.

M. Hughes (*Grande-Bretagne*) croit que la Conférence doit se borner à fixer la longueur de la colonne de mercure représentant l'ohm.

M. Mascart fait remarquer que, dans sa première réunion, la Conférence

avait demandé des essais préliminaires sur l'emploi de certains métaux pour la confection des étalons.

M. Mascart se met à la disposition des Délégués qui voudraient venir examiner, dans son laboratoire du Collège de France, les appareils qui lui ont servi dans ses récentes expériences.

M. le Président, sur la demande de plusieurs membres, renvoie la suite de cette discussion à la prochaine séance de la Commission.

M. von Helmholtz dit que la tâche de la Conférence ne doit pas se borner à la détermination de l'ohm et qu'il convient de fixer également les valeurs légales de l'ampère et du volt. Les définitions théoriques de ces éléments sont connexes; et, si l'on avait l'ohm vrai, les autres seraient également déterminés. Mais, en adoptant un ohm légal qui se trouve être en erreur, il faut se demander ce que deviennent le volt, l'ampère, le farad, etc. L'ampère vrai est donné par la formule théorique qui exprime que le carré de l'intensité multiplié par la résistance et le temps est un travail; mais la détermination expérimentale de l'ampère est de même difficulté que celle de l'ohm. En pratique, on construira des instruments, galvanomètres ou dynamomètres, qui mesureront les intensités. Il est bon d'indiquer aux constructeurs une marche à suivre pour graduer leurs instruments. En d'autres termes, étant donné l'ohm légal, quels seront l'ampère et le volt légaux? L'erreur commise sur l'ohm légal se transportera-t-elle tout entière sur l'ampère ou le volt?

Sir W. Thomson dit qu'il est, en effet, nécessaire d'arriver à la définition de l'ampère et du volt pratiques. Il y a trois manières de procéder, présentant chacune leurs avantages et leurs inconvénients :

1° Définir l'ampère par le travail et l'ohm légal; l'erreur commise sur l'ohm portera sur l'ampère ; le volt prendra l'erreur en sens opposé, et chacun des éléments supportera ainsi la moitié de l'erreur;

2° Définir théoriquement le volt comme la force électro-motrice produite dans un conducteur de longueur égale à l'unité, par son déplacement avec une vitesse égale à l'unité, à travers un champ magnétique d'intensité égale à l'unité, en prenant 10^9 centimètres comme unité de longueur, puis définir l'ampère en faisant porter sur ce dernier élément l'erreur tout entière de l'ohm légal;

3° Définir rigoureusement l'ampère et fixer le volt au moyen de l'ohm.

Cette dernière façon de procéder est la meilleure. Le volt serait alors la force électro-motrice qui fait passer un ampère vrai dans l'ohm légal. La dé-

termination expérimentale de l'ampère n'est pas tout à fait aussi difficile que celle de l'ohm. Avec des soins modérés, on peut arriver avec le galvanomètre des tangentes des laboratoires à fixer l'ampère à $\frac{1}{500}$ près.

Lord Rayleigh a donné récemment de l'équivalent électro-chimique de l'argent une valeur qui concorde exactement avec celle de M. Kohlrausch, et diffère très peu de celle qu'avait obtenue M. Mascart; cette valeur pourra être utilisée plus tard pour la réalisation industrielle de l'ampère théorique.

M. W. Grylls Adams rappelle que lord Rayleigh a déterminé la valeur du volt au moyen de l'élément-étalon de Latimer Clarke. La force électro-motrice de cet élément est de $1^{\text{volt}},457$ suivant l'étalon de l'Association Britannique, et de $1^{\text{volt}},4406$ suivant la nouvelle valeur de l'ohm légal (106 centimètres).

M. Mascart ne croit pas que la Conférence puisse fixer dès à présent le poids d'argent correspondant à l'ampère. Le résultat auquel il était arrivé s'est trouvé d'abord compris entre ceux de lord Rayleigh et de M. Kohlrausch; les derniers nombres de ces deux physiciens sont tout à fait concordants. Dans cette situation, M. Mascart se croit obligé à revoir ses calculs et à reprendre l'expérience; il espère qu'un accord définitif ne tardera pas à s'établir à ce sujet.

M. von Helmholtz propose de réserver toute décision à cet égard.

Sir W. Thomson pense que, sans fixer un chiffre définitif, la Conférence pourrait, dès à présent, indiquer une valeur provisoire aux praticiens.

M. Carey Foster trouve qu'il serait avantageux d'adopter l'étalon électro-chimique d'intensité comme résultant d'expériences plus précises que les déterminations électro-magnétiques.

La suite de la discussion est renvoyée à la prochaine séance.

La Commission s'ajourne au jeudi 1er mai, à 10 heures.

Le Président,
JAMIN.

Les Secrétaires :
BAILLE; GÉRARD.

PREMIÈRE COMMISSION.

UNITÉS ÉLECTRIQUES PROPREMENT DITES.

TROISIÈME SÉANCE.

(JEUDI 1er MAI 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. JAMIN.

Présents :

MM. Ludewig, Werner Siemens, von Helmholtz, Kohlrausch, Wiedemann, Millitzer, Fröhlich, Rousseau, Évrard, Gérard, van der Mensbrugghe, Montenegro, Ureña y Velasco, Triana, Jamin, Bergon, Blavier, Mascart, sir W. Thomson, Preece, Hughes, Abney, Aylmer, Ròiti, H. Becquerel, Diaz Covarrubias, Baille, Bosscha, Lenz, Wild, Raynaud, Broch, Fr. Weber.

La séance est ouverte à 10 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le Président présente à la Commission M. Debray et le prie de vouloir bien donner quelques renseignements sur les alliages de platine iridié.

M. Debray dit que, sur l'initiative de M. Dumas, on avait résolu de faire des fils avec l'alliage de platine iridié qui sert pour le mètre. La maison Mathey, Johnson et Cie, de Londres, n'a pu fournir à temps les métaux. Cet alliage se fond facilement et se tréfile aussi bien que l'or ou l'argent. Les difficultés présentées par ces opérations ne sont pas plus grandes que celles que présente le platine pur. Dès que le fil a un diamètre inférieur à 2 millimètres, on peut le passer à la filière sans recuisson; l'alliage a l'avantage d'être beaucoup moins mou que le platine, et les fils ne se déforment que très difficilement.

M. Debray se met à la disposition de la Conférence pour fournir la quantité de fil de cet alliage qui paraîtra nécessaire.

M. Mascart dit que ces fils ont été étudiés au point de vue électrique, et qu'il a eu l'occasion d'étudier quelques autres alliages employés pour les étalons. Les étalons de M. Siemens, qui sont faits en maillechort, présentent un coefficient de variation de résistance avec la température très variable, suivant les divers échantillons. La maison Elliott a envoyé des échantillons en maillechort et en platine-argent; le coefficient trouvé pour le maillechort est 0,00028 tandis que ceux de M. Siemens sont tous supérieurs à 0,0003. C'est qu'en effet le maillechort est très difficilement semblable à lui-même. Pour le platine-argent, le coefficient a été trouvé de 0,00024 sur un fil et de 0,00027 sur les étalons.

Le platine iridié paraît plus constant. M. Rivière a fait des expériences sur trois échantillons d'un même fil: il a trouvé 0,001323; 0,001327; 0,001323. Un autre échantillon a donné 0,001326. Ce coefficient, qui est plus grand que celui du mercure, paraît notablement constant.

M. Lenz demande la composition du platine iridié.

M. Debray répond que c'est la composition de l'alliage du mètre, c'est-à-dire 10 p. 100 d'iridium.

M. Lenz dit qu'on a étudié dans son laboratoire trois échantillons à 5, 10 et 15 p. 100; mais il n'a pas les résultats.

M. Werner Siemens n'a pas une grande expérience du platine iridié. Il n'est pas sûr que celui qu'il a expérimenté fût d'une composition assez pure; mais il ne voit pas la nécessité d'avoir une matière aussi chère, qui élève beaucoup le prix des appareils dans la pratique, et il préfère employer les tubes à mercure.

M. le Président voudrait s'arrêter actuellement à la discussion des alliages et renvoyer à plus tard ce que l'on aura à dire sur le mercure. Il demande l'avis de M. von Helmholtz.

M. von Helmholtz dit que les étalons en maillechort qu'il possède ont été très constants pendant dix ans.

M. Werner Siemens ajoute qu'il faut avoir la précaution de laisser reposer pendant longtemps les fils qui viennent d'être passés à la filière.

M. Bosscha (*Pays-Bas*) dit que le platine iridié paraît avoir un très grand

coefficient de variation avec la température; si on l'a choisi pour la construction du mètre, c'est précisément parce qu'il avait un coefficient de dilatation très faible. Cette qualité ne se retrouvant plus pour la résistance électrique, il ne voit pas pourquoi on le conserverait pour la construction des étalons de résistance.

M. Debray dit que, si l'on voulait faire des étalons en maillechort, il faudrait faire immédiatement une grande quantité d'alliage, d'où l'on pourrait tirer des échantillons au fur et à mesure des besoins.

Il ne pense pas que le platine-argent puisse servir dans la pratique.

La fusion de cet alliage occasionne des liquations considérables, de sorte que, pour un même lingot, on constate des variations de 40 à 60 millièmes dans la composition.

Il faut, pour éviter ce défaut, préparer le platine-argent par pression avec la mousse de platine, d'après l'ancien procédé de Wollaston; mais il est impossible qu'un pareil procédé donne des compositions bien définies.

Pour le platine iridié, au contraire, on peut répondre du dix millième, de sorte qu'on n'a pas besoin d'en fabriquer d'avance une grande quantité. Le prix de la matière n'est pas à considérer, car le fil conserve toujours sa même valeur. Le grand avantage de cet alliage est donc son inaltérabilité. Si l'on adopte cet alliage, M. Debray indiquera toutes les précautions nécessaires pour obtenir une matière parfaitement régulière.

M. Wiedemann rappelle que les actions mécaniques, comme la torsion, les chocs répétés, etc., modifient d'une manière considérable la résistance; il croit le maillechort préférable aux autres métaux parce qu'il a observé que, dans cet alliage, les déformations mécaniques produisent dans les propriétés physiques des perturbations permanentes qui sont moins grandes que dans les autres métaux. Il serait bon de faire des expériences analogues avec le nouvel alliage. Au point de vue électrique, la pureté de la composition est moins utile à considérer que l'inaltérabilité par les actions mécaniques et thermiques; car chaque étalon doit être étudié séparément, puisque la torsion, l'enroulement et les changements de température modifient la résistance spécifique.

M. le Président demande maintenant quelques détails sur l'emploi du mercure.

M. Mascart présente le modèle qu'il a fait construire et que les Délégués ont eu déjà le temps d'examiner à loisir. Le tube en spirale, rempli de mercure dans le vide, est tout entier plongé dans un bain. La communication a lieu par des masses de mercure considérables, et la prise de contact qui se fait au moyen de fils de platine est elle-même maintenue à la température du bain.

M. Werner Siemens trouve le modèle de M. Mascart très intéressant; mais il pense que ce modèle n'a pas été fait depuis assez longtemps pour être assuré qu'il n'aura pas de changement de résistance avec le temps. Dans les échantillons qu'il a construits, la spirale de verre n'a pas été modifiée; mais il a fallu changer le mercure de temps en temps, quand on voulait faire des expériences très exactes. De plus, il craint que le platine ne se dissolve en petite quantité dans le mercure, parce que le remplissage étant fait dans le vide, aucune couche d'air n'est interposée entre les deux métaux.

Il serait peut-être bon de se résoudre à changer le mercure tant qu'on ne sera pas sûr que les échantillons proposés resteront constants avec le temps. Il suffirait de conserver la forme de l'étalon en laissant les boules ouvertes.

M. le Président demande si l'étalon doit être construit en mercure ou en métal.

M. von Helmholtz répond que l'étalon de comparaison doit être construit en mercure: c'était, d'ailleurs, la conclusion du congrès des électriciens. Mais, pour les étalons pratiques, il faut construire des boîtes de résistances en métal solide. Si l'on doit faire des expériences de grande précision, les bobines devront permettre de mesurer exactement leur température; mais, dans les mesures ordinaires, le maillechort sera très suffisant, car sa variation avec la température est très peu considérable.

Sir W. Thomson. D'après les expériences de M. Siemens et de lord Rayleigh, la permanence des étalons métalliques bien préparés est très grande, et leur variation avec le temps est plus petite même que l'erreur introduite par la réalisation de l'étalon mercuriel.

La comparaison entre les divers étalons est une opération plus précise que la construction de l'étalon. Pour l'exactitude et la précision des comparaisons, il est utile de prendre des étalons auxiliaires et portatifs. Il sera nécessaire de comparer fréquemment entre eux les étalons solides et de les comparer également avec l'étalon-type en mercure.

M. Bosscha dit qu'une qualité essentielle que doit présenter l'étalon est la facilité de se mettre le plus vite possible et le plus sûrement en équilibre de température avec le milieu ambiant. La masse ne doit donc pas être trop grande et la matière isolante doit être aussi peu épaisse que possible.

M. Wiedemann demande à ce propos si les étalons de la maison Elliott sont plongés dans la paraffine, c'est-à-dire dans un corps très mauvais conducteur de la chaleur.

Sir W. Thomson répond affirmativement et dit que, pour lui, il aurait préféré

l'emploi du pétrole lourd, un liquide se mettant plus facilement à la température ambiante.

Il ajoute que M. Herbert Taylor a donné des renseignements importants sur les étalons solides. La note de M. Taylor sera annexée au procès-verbal. (*Voir annexe n° 1.*)

M. le Président donne lecture de la proposition suivante :

La Commission recommande la construction d'étalons primaires, en mercure, conformes à la résolution précédemment adoptée, et, concurremment, l'emploi d'échelles de résistances secondaires en alliages solides, qui seront fréquemment comparées entre elles et avec l'étalon primaire.

M. von Helmholtz dit qu'on ne peut pas construire des tubes de verre assez précis pour que la colonne de mercure renfermée représente exactement l'ohm, tandis qu'on peut avoir un ohm exact en maillechort ou platine iridié.

M. le Président explique que chaque physicien pourra construire lui-même un étalon en mercure, dont il pourra déterminer exactement la résistance en fonction de l'ohm légal.

M. le Président relit la proposition, qui est adoptée à l'unanimité.

M. Broch demande que la Conférence renouvelle le vœu que le Gouvernement français mette du platine iridié à la disposition des observateurs.

M. Bosscha dit que ce vœu impliquerait le choix exclusif de cet alliage.

M. von Helmholtz fait remarquer que, le Gouvernement français s'étant engagé à fournir des fils de cet alliage, le renouvellement de ce vœu ne semble pas nécessaire.

M. Wiedemann appuie ce qu'a dit M. von Helmholtz et fait remarquer que cette question est surtout une affaire de bonnes relations entre savants; il est persuadé que M. Debray donnera des échantillons à tous ceux qui lui en exprimeront le désir sans qu'il soit nécessaire de faire une demande officielle et dip omatique.

M. Werner Siemens dit qu'il désirerait avoir une certaine quantité de cet alliage qui lui paraît très propre à déterminer les températures élevées auxquelles on peut le porter sans craindre l'oxydation.

M. le Président donne la parole à M. von Helmholtz pour achever ses observations sur les unités connexes avec l'ohm.

M. von Helmholtz dit que la définition de l'ohm est connexe avec celle du volt, du coulomb, du farad, de l'ampère. On a un certain nombre d'équations entre ces éléments. Si l'on fait un ohm légal, que deviennent les autres éléments? La meilleure marche à suivre serait de déterminer l'ampère par la méthode électrolytique : l'ampère serait défini par une quantité d'argent déposée par seconde.

On a déjà trois déterminations nouvelles de ce poids données par MM. Kohlrausch, Mascart et lord Rayleigh, différant à peine d'un demi pour cent. Si donc on a l'ampère et l'ohm, le volt sera défini par la loi :

$$\text{Volt} = \text{ohm} \times \text{ampère}.$$

Un galvanomètre quelconque peut alors servir à mesurer les forces électromotrices au moyen de la méthode de compensation.

Le coulomb serait alors la quantité d'électricité déchargée par un ampère par seconde; de même pour le farad. Si l'on voulait définir l'ampère par l'ohm, il faudrait faire une mesure électro-magnétique, aussi difficile que la détermination de l'ohm. Il est bon d'indiquer aux constructeurs la meilleure manière de graduer leurs instruments. Sir W. Thomson a indiqué plusieurs méthodes pour faire cette détermination : souvent on rapporte le volt au Daniell, mais le Daniell varie constamment avec la concentration des liquides, et varie d'autant plus qu'il est traversé par un courant.

Sir W. Thomson propose de définir l'ampère ainsi :

L'ampère, dont la mesure absolue est 10^{-1} CGS, est le courant produit par un vrai volt dans un vrai ohm. On définira ensuite le volt légal comme étant la force électro-motrice qui donne un ampère dans un ohm légal.

M. Mascart donne un résumé d'une note de M. Siemens. (*Voir deuxième annexe au procès-verbal.*)

M. H. Becquerel. La mesure de la rotation du plan de polarisation de la lumière sous l'influence électro-magnétique d'un courant permet de mesurer l'intensité absolue de ce courant avec une grande simplicité.

La méthode qui suit offre certains avantages que l'on ne rencontre pas dans l'emploi de la boussole des tangentes, ni dans l'emploi du voltamètre.

Considérons un courant circulaire d'intensité i, et une droite indéfinie passant par son centre et perpendiculaire à son plan. On démontre très simplement que la somme des projections sur cette droite de toutes les actions électro-magnétiques exercées par le courant sur tous ses points est indépendante du rayon du cercle et égale à $4\pi i$. Si, au lieu d'un seul courant, on considère une bobine comprenant N tours de fils et parcourue par un cou-

rant d'intensité i, la somme des actions électro-magnétiques exercées sur tous les points de l'axe, parallèlement à cet axe, sera $4\pi N i$, et ne dépend que du nombre absolu de tours de la bobine.

Disposons suivant cet axe un tube que nous supposerons d'abord indéfini et rempli de sulfure de carbone à 0° centigrade. L'action du courant donnera lieu à une rotation du plan de polarisation d'un rayon lumineux traversant le sulfure de carbone, et cette rotation sera $R = 4\pi N i \alpha$, α étant la rotation qui correspond à 1^c de sulfure de carbone dans un champ magnétique uniforme égal à l'unité $C\,G\,S$.

Pratiquement, on reconnaît que le tube n'a pas besoin d'être bien long; par exemple, en faisant usage d'une bobine dont le diamètre extérieur ne dépasse pas 5 centimètres, il suffit que le tube s'étende à $1^m,50$ de part et d'autre de la bobine pour que la rotation observée ne diffère pas de $\frac{1}{10,000}$ de celle qui correspondrait à une longueur infinie. Si l'on connaît N, R et α, la valeur de i est déterminée par la relation $i = \frac{1}{4\pi N}\frac{R}{\alpha}$. Le nombre de tours N peut se compter très exactement, la mesure de R est très facile à faire avec beaucoup de précision; il faut donc connaître le nombre α une fois pour toutes.

Dans un travail antérieur, j'ai été conduit à attribuer au nombre α la valeur approchée $\alpha = 0',0463$ pour les rayons jaunes D traversant 1^c de sulfure de carbone à 0° centigrade dans un champ magnétique égal à l'unité (CGS). Ce nombre devra être établi avec une exactitude plus grande. C'est une question dont je m'occupe actuellement au moyen de la méthode présente.

Cependant ce nombre approché permet d'évaluer l'approximation que l'on peut atteindre pour la mesure des intensités absolues des courants.

En faisant usage d'une bobine de 5,000 tours de fil, un courant de 1 ampère ferait tourner le plan de polarisation de la lumière jaune D, d'environ 291′, et, en renversant le sens du courant, on obtiendrait 582′ environ. Dans la mesure optique on ne peut faire une erreur de 1′. Donc, si α est suffisamment bien déterminé, la mesure de l'intensité du courant conservera la même précision que la mesure de la rotation, c'est-à-dire $\frac{1}{500}$. On mesure facilement les rotations du plan de polarisation à une demi-minute près. On pourra donc atteindre par ce procédé une approximation de $\frac{1}{1,000}$ d'ampère. Pour des déterminations moins précises, on pourra se borner à employer une bobine comprenant 1,000 tours d'un fil dont le diamètre sera approprié à l'expérience que l'on aura en vue.

La correction relative à la température du sulfure de carbone au moment de l'expérience peut être faite avec une exactitude qui n'altère pas l'approximation indiquée ci-dessus.

La précision des résultats est subordonnée à celle de la détermination du nombre α.

Cette méthode offre, sur l'emploi de la boussole des tangentes, l'avantage de ne comporter aucune mesure de longueur et d'être indépendante de l'intensité magnétique terrestre, variable d'un point à un autre; en outre, elle donne à chaque instant l'intensité i d'un courant, tandis que le dépôt électrochimique d'un poids d'argent ne donne que l'intégrale $\int idt$ pendant le temps de l'expérience.

A ces divers points de vue, la méthode mérite d'être signalée pour les déterminations pratiques des intensités absolues des courants.

Sir W. Thomson demande si, dans la méthode dont M. H. Becquerel vient de donner l'exposé, il est nécessaire que le sulfure de carbone soit absolument pur, et quel est l'ordre de grandeur de la correction de la température pour le sulfure de carbone.

M. H. Becquerel répond qu'il est nécessaire de purifier le sulfure de carbone du commerce, et que l'on obtient alors un liquide donnant des résultats très constants.

M. Gordon, qui a fait une détermination absolue du pouvoir rotatoire magnétique du sulfure de carbone, s'était également arrêté à ce corps, parce qu'on peut facilement l'obtenir comparable à lui-même. Quant à la variation de température, le pouvoir rotatoire magnétique du sulfure de carbone diminue environ de $\frac{1}{1,000}$ pour une augmentation de température de 1° centigrade entre zéro et 20°.

Sir W. Thomson dit que le moyen indiqué par M. H. Becquerel lui paraît un des plus faciles pour étalonner les ampères-mètres.

Le procédé électrolytique est très difficile à appliquer, on a peine à arriver au $\frac{1}{500}$. Lord Rayleigh a trouvé des différences inexpliquées qu'il attribue à la présence de sel enfermé dans les pores du dépôt.

Le procédé de M. H. Becquerel doit donc être pris en sérieuse considération. L'un des grands avantages qu'il présente est qu'il n'y a pas de perturbation de température apportée directement par le passage du courant et qu'il est très facile de maintenir constante à moins de 1° près la température du sulfure de carbone, malgré l'échauffement de la bobine.

M. Wild et plusieurs autres Délégués expriment également l'opinion que cette méthode offre de grands avantages.

M. Ròiti s'associe complètement à la proposition de M. von Helmholtz et de sir W. Thomson; mais il croit devoir signaler qu'en l'adoptant, il reste encore de l'indétermination dans le système des mesures légales, et que cette

indétermination cessera le jour où l'on fixera l'équivalent électro-chimique de l'argent.

Sir W. Thomson dit qu'il y a des pays où les lois civiles peuvent se contredire, mais que ce fait ne peut pas se produire dans la science.

La définition de l'ampère 10^{-1} *CGS* est la seule que l'on puisse admettre.

M. Kohlrausch appuie ce qu'a dit sir W. Thomson.

M. Ròiti dit que la question est semblable à celle du mètre et du kilogramme.

Le kilogramme légal est-il celui qui dérive du mètre ou celui qui est déposé aux archives? En tout cas, nous ne sommes, quant à présent, pas plus avancés pour l'ampère légal que nous ne l'étions pour l'ohm en 1882.

Sir W. Thomson dépose la proposition suivante :

1° Définir l'ampère :

Le courant dont la mesure absolue est 10^{-1} C G S.

2° Définir le volt :

La force électro-motrice qui soutient le courant d'un ampère dans un conducteur dont la résistance est l'ohm légal.

La proposition de sir W. Thomson est adoptée à l'unanimité.

M. Mascart donne lecture d'une lettre de M. Lorenz. (*Annexe 3 au procès-verbal.*)

M. Wild annonce qu'il reçoit une lettre de M. Dorn lui indiquant une cause d'erreur possible dans ses mesures, par suite d'un défaut de construction dans les bobines de résistance de M. Siemens.

Les résistances communiqueraient entre elles dans la boîte. C'est un fait à vérifier. M. Dorn admet que, de ce chef, la colonne de mercure donnée par M. Wild comme représentant l'ohm augmenterait de 3 millièmes.

M. Siemens donne quelques explications sur la construction de ses bobines.

M. le Président remercie la Commission qui l'a choisi comme président. Il constate avec bonheur que l'harmonie la plus courtoise n'a cessé de régner

pendant toutes ses discussions ; il ajoute que, pour lui, il conservera de cette réunion le souvenir le plus agréable.

Sir W. Thomson remercie M. Jamin, au nom de toute la Commission, de la façon élevée et impartiale dont il a dirigé les débats.

La séance est levée à midi.

Le Président,

JAMIN.

Les Secrétaires :

BAILLE ; GÉRARD.

ANNEXE N° 1.

RAPPORT

du Comité chargé de construire et de livrer des étalons pratiques de mesure électrique.

(1883.)

Membres du Comité : Professeur G. Carey, Foster, feu M. C. Hockin, Sir W. Thomson, professeur Ayrton, M. J. Perry, professeur W.-G. Adams, lord Rayleigh, professeur F. Jenkin, docteur O.-J. Lodje, docteur John Hopkinson, docteur A. Muirhead (secrétaire), M. W. H. Preece, M. Herbert Taylor, professeur Everett et professeur Schuster.

Le Comité fait connaître que M. Taylor a continué les expériences sur la recherche des coefficients de température pour la résistance des métaux et des alliages; les premiers résultats en ont été communiqués à la réunion de York. A cause de l'absence de M. Taylor, les détails des dernières expériences ne peuvent être communiqués actuellement; mais on peut dire qu'elles ont établi que l'influence possible du procédé de recuit sur la résistance spécifique des fils et sur le coefficient de température est beaucoup plus grande qu'on ne le suppose généralement.

Voici quelques exemples des résultats obtenus :

Argent allemand. Fil étiré, extrêmement dur et cassant. La variation de résistance, pour 1° de température entre, 13° et 100° cent. a été de 0,0296 p. o/o. Après le recuit, le même fil donnerait une variation de 0,0421 p. o/o.

Acier. Fil, de 0,025 de pouce de diamètre, complètement trempé, puis trempé dans de la paraffine à 230° cent. Variation de résistance pour 1° : 0,267 p. o/o. Même fil recuit, variation pour 1° : 0,316 p. o/o.

A 9° cent., le rapport des résistances absolues de ce fil à l'état de trempé et à l'état de recuit fut trouvé égal à 1,229.

Alliage de platine-argent. Un bout de fil provenant d'un barreau de l'alliage fut durci par le passage à travers deux trous de filière. Dans cet état, sa variation de résistance pour 1° était de 0,0255 p. o/o. Après le recuit à la manière ordinaire, la variation fut de 0,0258 p. o/o.

Le même fil fut placé dans un tube de fer rempli de sable et laissé toute la nuit dans le feu. Après ce traitement, la variation fut de 0,0344 p. o/o.

Alliage platine-argent (autre spécimen). Un fil provenant d'un second barreau de l'alliage fut recuit à très haute température et laissé dans le feu, où il se refroidit len-

tement, comme dans l'expérience qui vient d'être mentionnée. La variation de résistance par degré fut alors de 0,095 p. o/o; le fil était très fragile et aussi mou que l'argent pur. Après avoir été porté au rouge et s'être refroidi dans l'eau, le même fil présentait une variation de 0,076; et quand il était étiré à travers deux ou trois trous de rubis, on trouvait 0,0732.

Ces résultats dénotent une relation entre le coefficient de température des fils et leur degré de trempe, et tendent à remettre en question le choix de la matière la plus digne de confiance pour un étalon permanent de résistance. Le Comité apprend que M. Taylor continuera ses expériences avec le concours du docteur Muirhead.

Le Comité est heureux de pouvoir annoncer que bientôt Lord Rayleigh sera en état d'organiser, au *Cavendish Laboratory*, à Cambridge, un système pour essayer les bobines de résistance et délivrer des certificats de leur valeur exacte à une température déterminée.

Comme le constate le rapport présenté l'année dernière, le docteur Muirhead a consenti, à la demande du Comité, à livrer des étalons de capacité sous sa propre responsabilité.

Le Comité regrette de n'avoir aucun progrès à constater dans la construction d'un étalon de force électro-motrice.

Il ne veut pas terminer son rapport sans exprimer la profonde douleur que leur a causée la perte faite non seulement par lui, mais encore par tous les amis des sciences physiques, dans la personne d'un de ses membres les plus estimés, M. Charles Hockin.

ANNEXE N° 2.

PROPOSITION.

Comme l'ohm est maintenant précisé, je propose de définir toutes les autres unités électriques exclusivement d'après l'ohm et la seconde.

D'abord on doit définir le farad.

Selon la formule donnée dans la séance de la British Association d'Oxford, 1861, on a la relation :

$$K = \frac{t}{w.ln\frac{\varepsilon}{y}},^{(1)}$$

si K est la capacité d'un condensateur quelconque, t le temps de la décharge par une résistance w; ε et y les différences de potentiel des charges du condensateur. K est donc la mesure de la capacité en farad, si w est mesuré en ohm et t en secondes.

Il est facile d'employer des résistances assez grandes en ohm pour que t soit grand et la mesure exacte. $\frac{\varepsilon}{y}$ peut être mesuré par l'électromètre à cadran de sir William Thomson, en considérant la charge d'un condensateur assez grand par une pile quelconque et la charge complémentaire après un laps de temps t.

Si l'on a mesuré un assez grand condensateur en farad, il est facile de préciser le volt, le coulomb et l'ampère par des charges et décharges dudit condensateur.

Pour la pratique, on prescrira des piles d'une construction donnée en volt, et l'ampère défini par la quantité de l'argent déposé.

Si l'on accepte cette disposition générale pour la précision des unités électriques, elles seront toutes basées diversement sur l'ohm, et chaque physicien est en mesure de les évaluer lui-même avec l'exactitude nécessaire pour ses expériences.

SIEMENS.

DÉVELOPPEMENT DE LA FORMULE.

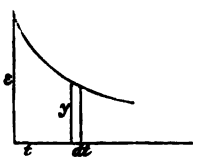
$$\frac{y}{w}dt = -dy.k$$

$$\frac{dy}{y} = -\frac{dt}{w.k}$$

$$\int_y^{\varepsilon}\frac{dy}{y} = -\int_t^{0}\frac{dt}{w.k}$$

$$ln\frac{\varepsilon}{y} = \frac{t}{w.k}$$

$$k = \frac{t}{w.ln\frac{\varepsilon}{y}}$$



ε et y, différences du potentiel.
w, résistance.
t, temps en secondes.
k, capacité.

(1) ln logarithme népérien.

ANNEXE N° 3.

LETTRE DE M. LORENZ.

(EXTRAIT.)

Copenhague, le 27 avril 1884.

J'ai fait dans ces derniers jours quelques expériences sur le temps d'oscillation d'un aimant amorti, lequel temps n'a pas été observé directement par MM. Dorn et Wild. J'avais soupçonné quelque discordance avec les théories ordinaires, mais il n'y en a aucune. Donc de cette expérience et des calculs qui ont suivi, j'ai dû renoncer à pouvoir m'expliquer la cause à laquelle sont dues les grandes valeurs trouvées par MM. Dorn et Wild par la méthode d'amortissement.

DEUXIÈME COMMISSION.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE ET COURANTS TERRESTRES.

PREMIÈRE SÉANCE.

(MERCREDI 30 AVRIL 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. WILD.

La séance est ouverte à 9 heures 30 minutes.

Présents :

MM. Ludewig, Von Helmholtz, Millitzer, Fröhlich, Rousseau, Évrard, Gérard, Van der Mensbrugghe, Jamin, Bergon, Blavier, Mascart, sir W. Thomson, Carey-Foster, Preece, Hughes, Aylmer, Ròiti, Tacchini, H. Becquerel, Diaz Covarrubias, Baille, Bosscha, d'Azevedo, Lenz, Wild, Raynaud, Broch.

Sur la proposition de M. Wild, *Président*, la Commission désigne comme *Vice-Présidents* MM. Ludewig et Mascart, et comme *Secrétaires* MM. Raynaud et Gérard.

M. le Président annonce que M. Trowbridge (*États-Unis de l'Amérique du Nord*) a envoyé un mémoire sur l'électricité atmosphérique et les courants terrestres, duquel il résulte que l'on commence à faire des observations continues de ce genre en Amérique. Ce rapport sera traduit et annexé au procès-verbal.

M. le Président propose de suivre dans la discussion l'ordre déjà admis dans la précédente session :

« *1° Préciser les méthodes d'observation pour l'électricité atmosphérique, afin d'en généraliser l'étude à la surface du globe.*

« Après avoir constaté que les observations de l'électricité atmosphérique, à différents endroits, pourraient donner des résultats certains et comparables entre eux, en y observant les prescriptions indiquées par Sir William Thomson et en rendant les observations continues, *la Commission a résolu de recommander aux Gouvernements les observations régulières et continues de l'électricité atmosphérique et de leur demander d'étendre l'étude détaillée des orages à tous les pays.* »

Il invite les Délégués à rendre compte de ce qui a été fait dans leurs pays respectifs.

M. Diaz Covarrubias communique : 1° un relevé statistique de coups de foudre, établi par l'observatoire central météorologique-magnétique de Mexico, s'étendant du mois d'avril 1880 au 7 septembre 1883 et embrassant une étendue considérable de pays; 2° les instructions météorologiques rédigées à l'usage des télégraphistes et agriculteurs par le Directeur de cet établissement : la Commission voudra bien remarquer qu'on a eu le soin d'y insérer les questionnaires élaborés par la Conférence de 1882 pour faciliter la statistique des coups de foudre.

M. Tacchini rend compte des observations de l'électricité atmosphérique faites à Rome avec l'électrographe Mascart. Il indique comment il est parvenu à remédier au déplacement du zéro en écartant les crochets de la suspension bifilaire et en augmentant la force de la pile de charge. Il a constaté, dans la plupart des cas, deux maxima et deux minima diurnes du potentiel électrique, pour une période d'observations s'étendant du milieu de mars au milieu d'avril 1883. (Voir aux annexes.)

Le 1er minimum arrive entre 3 heures et 4 heures du matin.
Le 1er maximum arrive entre 7 heures et 8 heures du matin.
Le 2e minimum arrive entre 2 heures et 3 heures après midi.
Le 2e maximum arrive entre 7 heures et 8 heures après midi.

Il présente à la Commission quelques exemplaires des courbes originales fournies par son instrument. Il fait connaître qu'il compte installer deux autres appareils, l'un dans la haute Italie (vallée du Pô) et l'autre en Sicile, ce qui portera à quatre le nombre d'observatoires d'électricité atmosphérique en Italie, y compris celui de M. le professeur Ròiti à Florence.

M. Ròiti a consigné, dans un mémoire distribué aux membres de la Conférence, les observations qu'il a faites à Florence, dès le 18 juillet 1883. Il a constaté, comme M. Tacchini, le déplacement du zéro dû, suivant lui, à ce que la surface des liquides restés longtemps en repos acquiert une *élasticité de seconde espèce* qui rapproche leurs propriétés de celles des solides. Il en résulte que, lorsque l'acide a séjourné quelque temps dans la cuvette, l'ai-

guille, quand elle a été déplacée longtemps dans la même direction, ne revient pas au zéro, mais conserve une déviation dans cette direction. Il élimine cet inconvénient en renouvelant l'acide très souvent, plus fréquemment en hiver qu'en été, deux fois par semaine quand la force directrice de la suspension bifilaire est petite. Cette opération peut se faire à des intervalles plus éloignés en écartant les fils de la suspension bifilaire; mais il faut alors une pile considérable pour observer les potentiels faibles.

M. Ròiti a employé aussi une suspension unifilaire métallique avec un amortisseur à air. On n'observe plus de déplacement du zéro, au bout des trois ou quatre jours nécessaires pour que le fil prenne son équilibre moléculaire. L'acide n'a alors d'autre rôle que celui de dessécher l'air, et il n'y a plus lieu de le changer aussi souvent.

La moyenne de ses résultats lui donne pour les variations diurnes :

1er minimum.....	3 heures du matin.
1er maximum.....	8 h. 45 du matin.
2e minimum.....	3 h. 30 du soir.
2e maximum.....	8 h. 15 du soir.

Le deuxième minimum est plus variable que les autres; il se produit entre 2 heures et 5 heures.

A l'aide de deux électromètres distincts, il a enregistré sur une même feuille la différence de potentiel de deux points à l'air libre, presque à la même hauteur, mais à quelques mètres de distance. Ces deux points ont donné exactement le même potentiel, même pendant les orages. Il a entouré l'un des points d'une cage métallique formée d'un cylindre de 2 mètres de hauteur et de 1 mètre de diamètre. Ayant observé qu'à toute variation du potentiel extérieur correspondait une variation de même sens dans le potentiel intérieur, il a essayé de rendre la cage plus protectrice en employant un réseau en mailles de 3 millimètres, et il a obtenu le même résultat. Il a employé alors une cloche en zinc percée de 6 ouvertures de 1 centimètre de diamètre, chaque ouverture étant protégée par une sorte de toit, de telle manière qu'on ne pouvait mener une droite de l'intérieur à l'extérieur sans rencontrer l'enceinte métallique. Dans ce cas même, on observa encore une variation de potentiel de même sens que celle de l'extérieur, ce que M. Ròiti ne peut expliquer que par des considérations électro-dynamiques, telles que l'existence de courants de convection dans l'atmosphère, etc., ou bien il faudrait conclure que l'air environnant a sur la valeur du potentiel plus d'action que les charges éloignées. Il se réserve de faire des expériences pour éclaircir ce point encore énigmatique.

M. Ròiti a comparé ensuite les indications d'un électromètre relié à un point sur le toit avec celles d'un électromètre relié à un point situé plus bas dans une cour très vaste. Le potentiel du point le plus bas est plus faible,

mais les ordonnées des deux courbes ne sont pas proportionnelles, et l'on constate de très grandes variations dans leur rapport.

M. Ròiti pense donc que, pour rendre comparables les observations faites dans divers lieux, il faut définir le point exploré. L'idéal serait une plaine étendue et nue avec les appareils sous terre. Une petite fontaine serait employée comme appareil d'écoulement près de la surface. Dans ces conditions, les ordonnées des courbes enregistrées donneraient la densité électrique à la surface de la terre; mais il croit qu'une telle disposition serait bien difficile à réaliser. Le mieux est de choisir un point très élevé et bien isolé, c'est-à-dire éloigné de toute habitation; mais, dans ce cas, les ordonnées de la courbe exprimeraient une fonction plus compliquée que la simple densité à la surface.

M. Mascart partage entièrement l'opinion émise par M. Tacchini, sur les moyens d'éviter le déplacement du zéro dans les électromètres : il faut, en effet, donner à l'aiguille une grande force directrice, sauf à augmenter la pile de charge. Dans les laboratoires, il n'y a aucun inconvénient à donner aux appareils une sensibilité quelconque; mais il n'en est plus de même pour l'observation continue des phénomènes naturels.

Pour les maxima et les minima, M. Mascart se réfère à une note publiée il y a plusieurs années. On ne peut déterminer une moyenne qu'en faisant porter les déterminations sur un grand nombre de jours sans perturbations. Il remarque que les heures indiquées par MM. Tacchini et Ròiti pour les maxima et les minima sont en avance sur les siennes. Ce qu'il a constaté surtout, c'est un grand maximum de nuit vers 10 heures du soir et un grand minimum de jour. Les autres maxima et minima, s'ils existent, sont très petits.

Il se félicite de l'organisation d'observations régulières en Sicile et particulièrement dans la Lombardie, dont le climat présente des caractères si différents de celui de l'Italie centrale. En France, les enregistreurs de l'électricité atmosphérique fonctionnent à Paris, Nantes, Perpignan et Lyon; il espère que d'autres seront prochainement installés à Nice et en Algérie.

M. Mascart a fait usage, au parc Saint-Maur, d'une chambre formant un cube de 3 mètres de côté, fermée complètement par un grillage métallique, avec l'orifice d'écoulement au centre.

Le plus souvent, comme l'a constaté aussi M. Ròiti, la marche du potentiel est la même dans la cage qu'à l'extérieur, quoique avec des valeurs beaucoup plus faibles; mais cette corrélation n'est pas tout à fait générale.

Quant à l'acide sulfurique, il n'est pas nécessaire de le changer aussi souvent. L'appareil installé au Collège de France fonctionne depuis plus de trois ans et l'acide est remplacé seulement chaque mois. L'aspect des courbes et l'inscription du zéro, qui se fait chaque jour automatiquement, indiquent, d'ailleurs, d'une manière certaine si l'appareil est en bon état.

En ce qui concerne la différence de potentiel signalée par M. Ròiti entre un point élevé et un point dans une cour, M. Mascart pense que, dans un endroit où l'air reste stationnaire, il peut s'électriser localement. Les observations doivent être faites en chaque point dans un air libre et facilement renouvelable.

M. Ròiti répond que la cour de son laboratoire de Florence n'est protégée que d'un côté et que l'air s'y renouvelle facilement. Il croit que, en théorie, les courbes des potentiels en deux points pris dans des conditions différentes doivent différer, alors même que l'air voisin ne serait pas électrisé. Si l'on suppose des masses électriques lointaines, et deux points, l'un dans l'air libre, l'autre protégé par un mur, le rapport des potentiels aux deux points n'aura pas la même valeur suivant qu'une droite menée du point exploré à la charge influençante rencontrera ou ne rencontrera pas le mur.

Au sujet de l'emploi de l'électromètre dans les laboratoires, il est parfaitement d'accord avec M. Mascart.

Revenant au potentiel relatif d'un point dans une cage et d'un point extérieur, M. Ròiti constate que, d'une façon générale, l'allure des deux courbes reste la même.

Sir W. Thomson trouve les résultats de M. Ròiti fort intéressants. Les courbes montrent des variations de même sens, mais de grandeurs très différentes, dans les changements de potentiel dans la cage ou à l'air libre.

Contrairement à une opinion qu'il a émise autrefois, il semble que le potentiel mesuré par l'électromètre à l'air libre est dû, pour la plus grande partie, aux masses d'air les plus rapprochées, jusqu'à une distance qui ne serait pas supérieure, par exemple, à 50 mètres.

L'air d'une cage conductrice ouverte est donc un véritable échantillon de l'air extérieur et le potentiel s'y établit en quelques minutes. Si la cage était hermétiquement fermée, les variations ne se produiraient plus.

M. Ròiti ajoute qu'il se propose de clore la cage métallique à l'aide de bouchons isolants.

Sir W. Thomson engage M. Ròiti à poursuivre ses recherches dans cette voie.

M. Wild dit qu'il a rencontré les difficultés déjà signalées, quand il a installé un électromètre enregistreur à l'observatoire de Pawlosk. Il fallait d'abord changer l'acide sulfurique chaque semaine pour avoir un zéro stable. Ces difficultés ont disparu en diminuant la sensibilité de l'appareil.

Sir W. Thomson remarque que la cage de M. Ròiti était placée sur un toit. Il demande si des expériences ont été faites avec une cage placée dans la cour.

M. Ròiti répond affirmativement. Il ajoute que les expériences qu'il a faites jusqu'ici ne lui permettent pas de donner un résultat bien concluant, parce que le point situé dans la cour et celui situé sur le toit ne donnent pas le même potentiel, si on les explore sans faire usage de cage métallique.

Sir W. Thomson remarque qu'avec une cage dans la cour on aura un échantillon de l'air près du sol. Or il a observé que l'air inférieur est souvent négatif quand l'air supérieur est positif. Une cage dans la cour pourrait donc indiquer un potentiel négatif quand une cage sur le toit donne un potentiel positif.

M. Ròiti, en comparant le résultat donné par une cage dans la cour avec celui qui était fourni par un point libre élevé, a trouvé quelquefois aussi, mais exceptionnellement, des potentiels de signes contraires. Il se propose d'enfermer les deux points dans des cloches identiques.

Sir W. Thomson rappelle quelques observations faites par lui, il y a une vingtaine d'années, dans la salle des cours de physique située dans les anciens bâtiments de l'Université de Glasgow. Dans cette salle, élevée de 5 mètres au-dessus du sol, il a vérifié quotidiennement pendant quinze jours que le potentiel était négatif, alors qu'un électromètre plus élevé placé dans l'air libre accusait un potentiel positif.

M. Mascart a eu l'occasion, au Collège de France, de comparer souvent le potentiel extérieur donné par un enregistreur et le potentiel observé par un appareil à écoulement dans l'intérieur de la salle de cours. En entrant le matin dans la salle, l'électromètre intérieur ne donnait aucune indication. Il suffisait d'ouvrir la fenêtre pour avoir immédiatement des indications le plus souvent de même sens qu'à l'extérieur, mais quelquefois de sens contraire.

Sir W. Thomson fait observer que la présence, dans une salle, d'une réunion nombreuse peut produire de l'électrisation par frottement. Il serait intéressant de répéter l'expérience dans des conditions plus favorables, par exemple dans une grande église.

M. Mascart a fait des expériences électrométriques dans des salles du Collège de France immédiatement après la sortie d'un auditoire nombreux; elles n'ont donné aucun résultat constant.

Sir W. Thomson ajoute que les potentiels qu'il a constatés ainsi ne dé-

passent pas 4 volts ; mais, dans une halle de chemin de fer, il a observé des potentiels énormes et très variables. Un électromètre portatif, dans un voyage en chemin de fer, accusait une électrisation négative quand la machine à vapeur était en marche, et une électrisation positive au moment des coups de sifflet. C'est, d'ailleurs, la conséquence des expériences bien connues d'Armstrong et de Faraday.

M. Ròiti demande que la Commission prenne une décision quant au choix des points où les observations devront être faites.

M. Mascart croit difficile de préciser. Il suffit que le renouvellement de l'air soit facile. Sir W. Thomson a, d'ailleurs, donné dans la précédente session le moyen de comparer sûrement les indications des électromètres en différents lieux.

M. Ròiti insiste pour que, au moins, on recommande de choisir des points élevés et isolés le plus possible des habitations, et que chaque observateur fournisse la topographie du lieu de l'observation.

M. Mascart pense qu'il suffit de prendre les résultats à la même hauteur au-dessus d'une plaine sans obstacles.

M. Von Helmholtz dit que, si l'on s'attache surtout aux grandes causes, laissant de côté les perturbations secondaires, on obtiendra toujours la proportionnalité entre la force électro-motrice au point exploré et la force électro-motrice en un point d'une plaine voisine.

M. Mascart croit difficile d'arriver à une conclusion autre que celle prise dans la dernière session.

M. Von Helmholtz demande si M. Ròiti n'a pas observé de perturbations provenant des fumées de maisons voisines. Dans une ville, on est exposé aux perturbations accidentelles. Il serait préférable d'opérer dans un observatoire éloigné des habitations.

Sir W. Thomson ajoute que la poussière, dans les temps orageux, doit exercer une grande influence.

M. Ròiti répond qu'il ne croit pas avoir été gêné par la fumée, surtout pendant la nuit, mais il a observé que, par les temps de vent, les variations étaient beaucoup plus rapides et plus petites.

M. Mascart propose que la Conférence s'en réfère à l'opinion qu'elle a émise

dans la session précédente en recommandant simplement aux observateurs de comparer les indications données par leurs instruments aux points d'observations avec celles qu'ils fournissent dans un espace découvert peu éloigné.

M. Ròiti objecte qu'il faut alors deux appareils à écoulement.

M. Mascart est persuadé que, par jour calme, il y aura proportionnalité.

M. Ròiti, après un échange d'observations avec M. le Président, retire sa proposition tendant à ce que la Conférence recommande que le point à explorer soit choisi dans l'air aussi libre que possible, c'est-à-dire à grande hauteur, éloigné des édifices, etc.; mais il maintient sa conviction que, sans ces précautions, il ne pourra, en général, y avoir proportionnalité entre le potentiel au point exploré et le potentiel en un point pris sur une plaine peu éloignée, et que, par suite, il sera presque impossible de comparer les courbes obtenues dans les observatoires des divers pays.

M. le Président résume la discussion en constatant que, suivant le désir exprimé par la Conférence dans la première session, des observations régulières de l'électricité atmosphérique ont été entreprises dans plusieurs pays et que, dans l'échange de vues qui vient d'avoir lieu, des éclaircissements très utiles ont été fournis sur l'emploi et le réglage des instruments.

La première question étant épuisée, M. le Président met en discussion le second point ainsi formulé :

« 2° *Réunir les éléments statistiques relatifs à l'efficacité des paratonnerres des divers systèmes et à l'action préservatrice ou nuisible des réseaux télégraphiques ou téléphoniques.* »

M. Bosscha fait connaître que les questionnaires élaborés dans la session de 1882 ont été distribués en Hollande, afin d'établir les relevés statistiques recommandés par la Conférence.

M. Blavier (*France*) présente les documents recueillis par le Ministère des Postes et des Télégraphes. Deux questionnaires relatifs, l'un aux coups de foudre en dehors des lignes électriques, l'autre aux coups de foudre sur les lignes télégraphiques ou téléphoniques ou dans les habitations reliées aux fils, reproduisent sur le recto, sous forme de tableau, les questions posées par la Conférence, et portent sur le verso des explications destinées à préciser les questions et simplifier les réponses. Ces formules ont été distribuées aux agents des postes et télégraphes, des travaux publics, de la guerre, de la ma-

rine, aux membres des commissions météorologiques, aux instituteurs, aux compagnies de chemins de fer, etc.

MM. les Délégués ont sous les yeux la statistique tirée de ces documents pour l'année 1883 dans la forme où elle a été insérée dans les comptes-rendus de l'Académie des sciences. Pour les accidents en connexion avec les lignes électriques, l'Administration a dressé un relevé spécial des cas où les lignes pourraient paraître avoir exercé une certaine influence sur les effets de la foudre. Enfin l'on a consigné dans un tableau, en regard du nombre des divers objets du matériel télégraphique en service, le nombre de ceux qui ont été atteints par la foudre et indiqué la proportion de ces derniers. (*Voir annexe n° 3.*)

M. Évrard dit que le relevé des objets du matériel télégraphique ou téléphonique français détériorés par la foudre en 1883 est très complet : il est à souhaiter que chaque administration télégraphique se décide à dresser des relevés semblables. Il proposerait toutefois qu'on indiquât dans le tableau la longueur des lignes et la proportion d'objets atteints par milliers d'objets en service, pour chacune des régions; peut-être ferait-on bien d'ajouter aussi une carte teintée différemment suivant les régions.

Quoi qu'il en soit, il regrette de ne pouvoir fournir, au nom de l'Administration belge, un travail aussi complet que celui de l'Administration française : certaines difficultés dans lesquelles les ingénieurs de l'Administration belge se se sont trouvés ne leur ont pas permis d'arriver avec une statistique complète. Il croit cependant pouvoir assurer que l'Administration des télégraphes belges sera, à la fin de cette année, en mesure d'adresser un rapport sur les effets de la foudre en 1884.

En comparant quelques-uns des résultats obtenus en France avec ceux qui ont été obtenus en Belgique. M. Évrard trouve, dans ce dernier pays, une proportion moindre d'objets atteints qu'en France; pour les poteaux, par exemple, la Belgique n'a que 0.23 pour mille, tandis que la France constate près du triple. Il croit que l'on doit attribuer cette disproportion aux nombreux paratonnerres placés sur les lignes belges (3 p. 100 des poteaux en sont armés). Passant aux appareils, il constate qu'en Belgique, on n'a que très peu d'appareils détériorés en 1883; le chiffre est encore inférieur à celui de l'Administration française; mais si l'on y ajoute ceux dont le noyau a été aimanté, on obtient un chiffre supérieur.

Le relevé officiel français signale la mort de 29 personnes tuées par la foudre; M. Évrard ne peut donner des chiffres officiels sur la Belgique; mais, à sa connaissance, il n'y a eu que deux personnes tuées. Les journaux ont annoncé que la foudre était tombée sur plusieurs bâtiments munis de paratonnerres (entre autres deux théâtres et la station de Liège-Guillemins protégés par un paratonnerre Melsens), et que les paratonnerres ont bien fonctionné, et avaient parfaitement rempli leur rôle préservatif.

M. Évrard a été frappé du nombre considérable de petites fermes et de métairies atteintes par la foudre et incendiées : on doit surtout en attribuer la cause à leurs toitures de chaume ou de paille.

Comme il existe encore des doutes au sujet du prix comparatif des paratonnerres Melsens et des paratonnerres classiques, il joint, comme annexe, un relevé du prix des paratonnerres de ces systèmes installés en Belgique. Les premiers coûtent près de six fois moins, en moyenne, que les autres.

Il paraît intéressant de reproduire ici quelques-unes des observations contenues dans une conférence du professeur Neessen :

« La moyenne du nombre des orages n'augmente pas; mais, d'après des documents fournis par des compagnies d'assurance, le nombre des bâtiments atteints (dans les bâtiments assurés) est triplé depuis 1853-1857.

« Le danger est beaucoup plus grand pour les bâtiments de la campagne, les églises, les moulins à vent. M. Holz trouve qu'on doit attribuer l'augmentation des effets de la foudre à l'usage très répandu de grandes masses métalliques, et aussi au défrichement des forêts. Le nombre des coups de foudre lumineux varie suivant les régions, il dépend surtout de la manière de bâtir et de la couverture des bâtiments.

« Les girouettes non reliées à la terre, et les pompes intérieures constituent un danger, ce que l'on a pu constater dans les régions où elles sont très répandues ; il en est de même des arbres voisins des maisons.

« La moyenne des dommages, pendant la période de 1873 à 1877, a été, pour une partie de l'Allemagne (partie importante, il est vrai), de 1,261,000 marks, ne se rapportant qu'aux dommages causés aux propriétés immobilières; il faut y ajouter le bétail, le mobilier, etc. On voit donc que le budget de la foudre est considérable pour chaque pays.

« M. Neessen est d'avis qu'il faudrait répandre l'emploi des paratonnerres, le favoriser énergiquement pour les campagnes, où l'on pourrait employer des dispositifs très simples et très peu coûteux, et qu'il serait utile d'établir une statistique par région, dans laquelle on indiquerait la valeur des maisons munies de paratonnerres, de celles qui n'en ont pas, et la valeur des dégâts. »

M. Évrard serait, pour sa part, très heureux de voir réaliser les vœux de M. Neessen. Il croit aussi avoir fait chose utile en reproduisant ici les idées émises par ce dernier dans une conférence à Berlin.

En terminant, il croit devoir insister aussi sur la nécesssité de ne choisir que de bonnes terres; dans plusieurs cas, des piles de signaux à distance, entretenues par des particuliers, ont été détruites complètement parce que la terre était trop mauvaise.

MM. Hughes et Preece (*Grande-Bretagne*) approuvent la forme sous laquelle la France présente la statistique des objets du matériel télégraphique dété-

riorés par la foudre et font connaître que le *Post-Office* se propose d'établir un relevé analogue.

M. Preece ajoute que tous les poteaux en Angleterre sont aujourd'hui munis de paratonnerres. Tout d'abord on n'avait pas placé de paratonnerres sur les lignes à un fil, mais la quantité de poteaux foudroyés a été si grande qu'on s'est décidé à les munir aussi de paratonnerres; depuis on n'a plus eu de poteaux foudroyés.

M. Évrard propose que « *la Conférence exprime le vœu que les administrations des divers pays continuent à recueillir les renseignements concernant les divers effets de la foudre et se les communiquent en leur donnant une forme analogue à celle qui a été adoptée par l'Administration française.* »

MM. Preece et Hughes présentent le projet de vœu suivant :

« *Il est à désirer que les résultats des observations recueillies par chaque administration soient envoyés chaque année au Bureau international des télégraphes de Berne, qui en fera un relevé et le communiquera aux divers gouvernements.* »

Ces deux propositions sont adoptées.

M. le Président passe ensuite au vœu émis par la Conférence de 1882, touchant la vérification périodique des paratonnerres.

M. Évrard demande si cette vérification se fait dans quelques pays et quelles sont les méthodes employées.

M. Blavier rappelle que la Ville de Paris soumet, depuis plusieurs années, à une vérification périodique les paratonnerres installés sur les édifices de son ressort. Il ajoute que d'autres administrations se préoccupent de la question, notamment celle de la Guerre, qui a demandé au service télégraphique de lui indiquer un moyen pratique d'exercer cette vérification à toute époque, en dehors des vérifications annuelles dont sont déjà l'objet les paratonnerres des édifices militaires. La Commission de perfectionnement des télégraphes a rédigé à ce sujet un rapport dont un extrait a été inséré dans la livraison des *Annales télégraphiques* de novembre-décembre 1883.

Le moyen indiqué est fondé sur l'emploi d'une pile, d'un galvanomètre différentiel et d'une terre auxiliaire dont la résistance a été mesurée une première fois par un agent exercé et qui peut être, d'ailleurs, celle d'un poste télégraphique en communication avec l'édifice. Avec cette installation, tout gardien peut reconnaître par le sens de la déviation de l'aiguille aimantée s'il est survenu quelque défaut dans la continuité et la prise de terre. Un agent supé-

rieur, prévenu par lui, exécute les expériences plus délicates permettant de préciser le dérangement.

M. Von Helmholtz dit qu'en Allemagne le Département de l'instruction publique a chargé un physicien de reviser les paratonnerres placés sur les édifices de son ressort.

M. Évrard espère que cette vérification va être exercée dans les édifices de l'État belge.

Il communique, d'ailleurs, à la Commission une note sur le coût des paratonnerres en Belgique. (*Voir annexe n° 4.*)

Sur une question de M. Hughes, M. Blavier répond qu'il estime à 25 ohms la résistance que ne doit pas dépasser une terre efficace.

M. Gérard (*Belgique*) fait remarquer que la mesure de la résistance des terres est difficile, même pour les personnes habituées aux essais électriques, par suite de la polarisation qui se produit au contact des plaques de terre. Il croit que cette mesure pourra s'exécuter exactement et rapidement par la méthode du pont de Wheatstone, modifiée par M. Kohlrausch. Dans l'une des diagonales d'un pont à fil divisé est placée une bobine d'induction; dans l'autre, un téléphone. Le fil est gradué de manière qu'on puisse lire directement la résistance intercalée dans le quatrième côté du pont. Cet appareil est très simple et peut être mis dans les mains de gens peu familiarisés avec les mesures électriques.

M. Von Helmholtz signale deux faits particuliers montrant la possibilité d'accidents, même avec des paratonnerres bien installés.

Le premier concerne un magasin à poudre frappé par la foudre : le paratonnerre avait bien rempli son office, et cependant des étincelles ont jailli entre des récipients de cuivre renfermant la poudre et isolés les uns des autres. On a observé des traces de fusion sur l'un des récipients et d'impression sur les autres. Ces étincelles sont la conséquence de l'induction électrostatique ou électro-magnétique.

L'autre fait a été observé dans son propre laboratoire. Un de ses élèves, en déchargeant une batterie de Leyde au moyen des conduites, soit de gaz, soit d'eau, remarqua que ces conduites conservaient momentanément une certaine charge qui se traduisait par une petite étincelle, si une personne approchait du tuyau un fil métallique tenu à la main au moment où l'on déchargeait la batterie. Ce fait montre que l'efficacité des paratonnerres ne dépend pas seulement de la conductibilité galvanique, car des étincelles peuvent jaillir entre le conducteur du paratonnerre recevant de la foudre une charge momentanée et les masses métalliques dans le voisinage.

M. Évrard, revenant sur la question de l'influence des lignes sur les effets de la foudre, reconnaît que des accidents peuvent survenir sur les lignes télégraphiques, si la terre des paratonnerres adaptés aux poteaux est défectueuse; mais il peut citer des cas où les lignes ont exercé un effet protecteur.

M. Mascart dit qu'en l'état de la question, il serait très grave de se prononcer. Le Congrès et la Conférence de 1882 ont demandé une statistique. Elle est à peine commencée. On a émis le vœu qu'elle fût continuée; il serait difficile d'aller plus loin.

M. Ludewig présente une étude détaillée des orages sur les lignes télégraphiques de l'Empire allemand. Ces observations ne s'étendent pas aux lignes téléphoniques. L'étude a été publiée dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* de mars 1884. (*Voir annexe n° 5.*)

La suite de la discussion est renvoyée au lendemain jeudi, 1er mai, à 3 heures.

La séance est levée à 11 heures 40 minutes.

Le Président,

WILD.

Les Secrétaires :

J. RAYNAUD; E. GÉRARD.

ANNEXE N° 1.

RAPPORT

concernant l'électricité atmosphérique et les courants terrestres,

par M. John Trowbridge, *professeur à l'Université de Starvard de Cambridge (États-Unis).*

La tâche qui fait l'objet de ce rapport m'a été imposée par le Gouvernement des États-Unis avec mission d'en donner communication à la Conférence internationale de Paris. Les recherches antérieures sur l'électricité atmosphérique n'ont pas donné de résultats, et les expériences n'ont jamais été faites sur une grande échelle. Des observations préliminaires ont montré qu'il existe une certaine connexion entre les variations barométriques et l'électricité de l'air; dans certains cas, cette dernière donne des indications sur les changements dans la direction du vent. Pour ce motif, on aura soin d'installer des appareils d'observations de l'électricité atmosphérique dans les nouvelles stations météorologiques. J'ai étudié soigneusement les moyens à employer pour faire ces observations avec le moins de dépense possible. J'ai trouvé que l'on pourrait obtenir l'enregistrement photographique des variations du potentiel de l'air avec des appareils peu coûteux. Le prix de l'ensemble des appareils pour une station n'est pas supérieur à 150 dollars.

Je recherche à présent la meilleure position à donner aux appareils destinés à la mesure de l'électricité de l'air. Des observations photographiques simultanées sont faites à Boston, d'une part, et dans la campagne, à quatre milles de cette ville, de l'autre, dans le but d'établir l'influence des agglomérations populeuses sur les résultats. Des observations simultanées sont faites également au nouveau laboratoire de l'Université Starvard et sur une tour voisine, afin de juger de l'effet des différences d'altitude. Ces observations seront étendues aux régions situées à l'ouest de l'État de Massachusetts.

Pour que les observations simultanées sur l'électricité atmosphérique puissent donner des résultats concluants, il est indispensable d'être familiarisé avec la pratique des enregistreurs photographiques. On a remarqué que plusieurs tempêtes de neige de cet hiver étaient accompagnées d'une électrisation considérable de l'air, précédée d'un état d'électrisation faible. Des observations ultérieures permettront de vérifier si ce phénomène est général.

Il n'a jamais été prouvé d'une manière concluante que les courants terrestres existent réellement dans une direction déterminée, ou, en d'autres termes, qu'ils

soient autre chose que le résultat de la connexion de deux points de la surface terrestre qui arrivent à être à des potentiels différents.

J'applique actuellement la méthode de l'enregistrement photographique simultané à l'élucidation de ce point.

Pour ce qui concerne la question de l'électricité atmosphérique et celle des courants terrestres, deux ou trois années sont nécessaires pour pouvoir arriver à des conclusions de valeur. J'espère que le service de signaux des États-Unis coopérera avec moi à des observations simultanées sur une surface de territoire très étendue.

ANNEXE N° 2.

Sur les observations de l'électricité atmosphérique faites à Rome avec l'électrographe Mascart, par *M. Tacchini.*

Conformément au désir exprimé par la Commission en 1882, j'ai établi dans mon institut un électrographe système Mascart pour l'étude du potentiel électrique de l'air libre. L'appareil cependant n'arriva à Rome que vers la fin de 1883, et il a commencé à fonctionner régulièrement au commencement du mois de mars de l'année courante. Je l'ai installé dans l'ancien observatoire du collège romain, c'est-à-dire dans une tour isolée et assez élevée, entièrement libre de tous les côtés. L'installation achevée, l'appareil a été confié aux soins de l'aide physicien, le docteur Chistoni, qui avait déjà vu l'installation d'un appareil semblable à Florence, chez M. le professeur Ròiti. Au début des expériences, le zéro se déplaçait souvent et beaucoup, mais il n'a plus présenté de déplacements sensibles, après avoir supprimé une des deux aiguilles de la tige qui plonge dans l'acide sulfurique, après avoir serré le crochet de la tige entre le fil de cocon, et après avoir beaucoup écarté les deux crochets supérieurs et augmenté par conséquent la pile.

Je ne puis pas à présent donner à la Commission des résultats complets pour ce qui regarde notre station, mais je crois pourtant devoir attirer l'attention de mes collègues sur les faits observés depuis le peu de temps que l'appareil fonctionne :

1° Quoique le temps ait été très mauvais et très variable, néanmoins nous avions très souvent dans nos cartes deux maxima et deux minima du potentiel électrique pour chaque jour;

2° En prenant la moyenne des enregistrements non troublés par les orages, qui furent assez fréquents en avril, j'ai obtenu les valeurs relatives suivantes des potentiels de l'électricité atmosphérique à chaque heure de la journée :

Minuit.	— 82.	Midi	— 88.
1h.	— 67.	1h.	— 87.
2h.	— 54.	2h.	— 84.
3h.	— 53.	3h.	— 85.
4h.	— 48.	4h.	— 89.
5h.	— 57.	5h.	— 86.
6h.	— 90.	6h.	— 101.
7h.	— 117.	7h.	— 137.
8h.	— 112.	8h.	— 183
9h.	— 109.	9h.	— 134.
10h.	— 104	10h.	— 114.
11h.	— 94		

3° De ces chiffres on peut conclure que dans la période de nos observations, c'est-à-dire de la moitié de mars à la moitié d'avril,

Le 1er minimum arrive entre 3 heures et 4 heures du matin.
— 1er maximum ———— 7 ———— 8 ————.
— 2e minimum ———— 2 ———— 3 de l'après-midi.
— 2e maximum ———— 7 ———— 8 ————.

ANNEXE N° 3.

OBJETS DU MATÉRIEL TÉLÉGRAPHIQUE APPARTENANT À L'ÉTAT

DÉTÉRIORÉS PAR LA FOUDRE EN 1883.

(France.)

Nombre d'objets détériorés sur 1,000 objets en service:

Poteaux	0.742
Isolateurs	0.168
Paratonnerres	17.37
Galvanomètres	0.44
Sonneries	6.40
Appareils Morse	2.777
Appareils à cadran	0.
Appareils Hughes	0.
Appareils Baudot	0.

ANNEXE N° 4.

DU COÛT DES PARATONNERRES EN BELGIQUE.

(Note de M. ÉVRARD.)

PARATONNERRES MELSENS.

ÉDIFICES.	SURFACES couvertes en nombres ronds approximatifs en mètres carrés.	PRIX en francs de la pose des paratonnerres.	PRIX en francs de la pose pour la protection d'un mètre carré.
Palais de justice	16,600	10,840	0,65
Hôpital Saint-Pierre	6,300	4,849	0,77
Bourse de Bruxelles	3,200	1,496	0,47
Gare de Liège	12,000	4,300	0,36
Palais des Beaux-Arts	6,340	7,519	1,19
Hôtel des Monnaies	5,125	11,840	2,31
Hôtel des Ponts et Chaussées	789	2,406	3,05
Prison de Saint-Gilles	16,000	7,112	0,44
Gare Anvers-Sud	10,600	4,300	0,40
Gare de Trooz	290	949	3,27
Gare d'Ostende	9,100	6,751	0,74
Totaux et moyenne	86,344	62,362	0,72

PARATONNERRES DES ANCIENS SYSTÈMES.

ÉDIFICES.	SURFACES couvertes en nombres ronds approximatifs en mètres carrés.	PRIX en francs de la pose des paratonnerres.	PRIX en francs de la pose pour la protection d'un mètre carré.
Palais du roi à Bruxelles	7,800	23,551	3,02
Écuries du roi à Bruxelles	2,800	17,446	6,23
Ancien hôtel d'Assche (liste civile)	650	5,149	7,92
Jardin botanique à Bruxelles	2,000	7,971	3,99
Palais du roi à Laeken	1,900	18,407	9,68
Annexes du palais du roi à Laeken : écuries, remises, manège, théâtre	5,200	18,307	3,39
Totaux et moyenne	20,350	90,831	4,46

Soit donc une moyenne de *72 centimes* contre une moyenne de *4 fr. 46* pour les paratonnerres de l'ancien système.

Il en résulte que, si ces 86,344 mètres carrés avaient été munis des anciens appareils, cette protection aurait coûté 86,344 × 4.46, soit 385,094.25. M. Melsens a donc réalisé, pour ces seuls paratonnerres précités, une économie de 385,094 fr. 52 — 62,362, soit *322,732 fr. 24*.

ANNEXE N° 5.

DONNÉES STATISTIQUES RÉSULTANT DES OBSERVATIONS FAITES EN ALLEMAGNE AU SUJET DES ORAGES ET DE LEUR INFLUENCE SUR LES INSTALLATIONS TÉLÉGRAPHIQUES PENDANT LES ANNÉES 1882 ET 1883.

(Note de M. LUDEWIG.)

DÉSIGNATION.	ANNÉE 1882.	ANNÉE 1883.
Nombre d'orages observés	2,684.	2,064.
Cas de dommages sur les lignes et appareils télégraphiques	506, soit 18.85 p. 0/0.	495, soit 23.98 p. 0/0.
Nombre d'objets endommagés	2,261.	2,046.
Savoir : Poteaux	1,093, soit 0.125 p. 0/0.	1,062, soit 0.118 p. 0/0.
Isolateurs	282, soit 0.010 p. 0/0.	203, soit 0.007 p. 0/0.
Galvanoscopes	122, soit 1.381 p. 0/0.	89, soit 0.985 p. 0/0.
Téléphones en usage comme appareils télégraphiques dans les bureaux de l'Empire	25.	11, soit 0.355 p. 0/0.
Appareils Morse	15, soit 0.175 p. 0/0.	13, soit 0.148 p. 0/0.
Paratonnerres de ligne	14, soit 0.320 p. 0/0,	7, soit 0.147 p. 0/0.
Paratonnerres télégraphiques	207, soit 1.292 p. 0/0.	147, soit 0.871 p. 0/0.
Paratonnerres téléphoniques dans les bureaux de l'Empire	451.	470, soit 12.154 p. 0/0.

Sur 8,693 kilomètres de fils aériens, on a observé 30 cas de dommages en 1882, et, sur 10,856 kilomètres, 17 cas en 1883.

Dommages divers : 22 cas en 1882 et 27 cas en 1883.

Aucun appareil Hughes n'a été atteint.

En 1883, aucun cas de dommages n'a été observé sur les lignes souterraines; pour 1882, il existe un cas douteux.

DEUXIÈME SÉANCE.

(JEUDI 1er MAI 1884.)

PRÉSIDENCE DE M. WILD.

La séance est ouverte à 2 heures et quart.

Présents :

MM. Ludewig, Von Helmholtz, Fröhlich, Rousseau, Evrard, Gérard, Van der Mensbrugghe, Bergon, Blavier, Mascart, Sir W. Thomson, Preece, Hughes, Aylmer, Ròiti, Tacchini, H. Becquerel, Bosscha, Lenz, Wild, Raynaud, Broch, Fr. Weber.

M. Raynaud, l'un des secrétaires, donne lecture du procès-verbal de la première séance (30 avril).

M. Évrard demande la parole sur le procès-verbal. La proposition qu'il a émise au sujet des statistiques des coups de foudre, tendant au même but que celle de MM. Preece et Hughes, il se rallie à la rédaction présentée par les Délégués de la Grande-Bretagne, bien qu'il considère leur demande comme le minimum de ce qu'il désire obtenir. Mais il espère que, grâce aux bonnes relations que les Conférences internationales établissent entre les Délégués appartenant aux administrations des divers pays, il sera facile d'obtenir, le cas échéant, des renseignements officieux plus détaillés que ceux qui seront fournis officiellement par le Bureau international de Berne sous la forme de relevés sommaires.

M. le Président fait remarquer que, dans ces conditions, la rédaction de MM. Preece et Hughes sera seule soumise à la Conférence.

Le procès-verbal est adopté.

M. Évrard demande la permission de revenir un instant sur la question des coups de foudre pour donner communication d'une disposition proposée par M. Melsens. Elle a pour objet de sauvegarder les lignes télégraphiques contre

les effets de la foudre, et, *peut-être* même, pourrait permettre de se servir de ces lignes, *sans danger,* pendant les orages.

Il serait intéressant d'expérimenter sur les lignes de quelques pays cette disposition, qui consiste à poser (sans isolateurs) à la tête des poteaux un fil mis, de distance en distance, en communication avec la terre au moyen de fils spéciaux terminés par une aigrette à leur sommet et plongeant dans le sol à l'autre extrémité. Des rhéélectromètres intercalés sur ce fil supérieur, destiné à préserver les autres fils placés au dessous de lui, et sur ces derniers, indiqueraient le degré d'efficacité du fil préservateur. L'expérience serait peu coûteuse, car, si elle ne réussissait pas, il suffirait de supprimer les aigrettes et les fils spéciaux, et le fil préservateur pourrait ensuite être utilisé pour la correspondance télégraphique.

M. Évrard communique à la Commission une note relative aux effets de la foudre sur les lignes télégraphiques de l'État belge. (*Voir annexe n° 1.*)

M. le Président poursuit la lecture des résolutions de la Conférence de 1882 : *3° Organiser l'étude systématique des courants terrestres sur les lignes télégraphiques.* Il invite MM. les Délégués qui se sont occupés de cette question à exposer succinctement les résultats de leurs travaux.

M. Blavier met sous les yeux de la Commission quelques spécimens des graphiques originaux fournis par l'enregistreur des courants telluriques établi à l'École supérieure de télégraphie.

L'appareil, semblable aux enregistreurs dont fait usage M. Mascart, qui a bien voulu d'ailleurs prêter son concours pour cette installation, inscrit simultanément les indications données par des galvanomètres apériodiques intercalés sur trois lignes télégraphiques. Les photographies des courbes ont été reportées sur pierre, puis tirées, et c'est ainsi qu'ont été obtenues les planches insérées dans le mémoire que MM. les Délégués ont entre les mains, et dans lequel sont détaillés, avec les procédés employés, les résultats de l'étude, dont M. Blavier se bornera à donner un aperçu.

Deux fils aboutissant aux mêmes extrémités, mais suivant des tracés différents, l'un souterrain, l'autre aérien, fournissent des courbes semblables, dont le rapport des ordonnées varie seulement avec la sensibilité des galvanomètres. Les résistances totales des deux circuits ayant été égalisées, il résulte de l'étude des courbes, d'une part, que la direction et l'intensité des courants telluriques dépendent uniquement de la force électro-motrice entre les deux points en communication avec le sol, et sont, en temps ordinaire, peu influencées par les causes secondaires; d'autre part, que les lignes souterraines ne sont pas plus influencées que les lignes aériennes par les courants telluriques.

Pour deux lignes de longueurs différentes, mais ayant à peu près la même direction, les courants telluriques suivent sensiblement les mêmes phases; mais l'intensité est toujours proportionnelle à la distance des points extrêmes, la résistance totale étant, bien entendu, égale dans les deux cas.

Pour les observations sur les lignes très courtes, cette résistance doit être diminuée, afin que les variations deviennent nettes; mais, en prenant cette précaution, on retrouve sur des lignes de 6 à 7 kilomètres les mêmes courbes que sur une ligne de 300 à 400 kilomètres ayant la même direction.

La force électro-motrice due à la différence des actions chimiques qui se produisent au contact des électrodes et de la terre humide est à peu près constante, et ne dépasse pas, en général, dans les bureaux télégraphiques, 1/5 à 1/4 de volt, soit dans un sens, soit dans l'autre; elle ne modifie pas la forme des courbes, son seul effet est de les déplacer par rapport à l'axe.

Les orages magnétiques donnent des courbes très accidentées. Dès 1859, M. Varley et M. Blavier, chacun de leur côté, avaient observé que les courants telluriques correspondent aux instants de variation des composantes magnétiques, et sont nuls pendant les périodes de maximum et de minimum.

En comparant les courbes magnétiques du Parc-Saint-Maur avec les courbes fournies par les courants telluriques pour les mêmes jours, on reconnaît qu'il existe entre elles un rapport intime. Les courbes données par les variations de la composante horizontale du magnétisme terrestre correspondent à peu près à celles des lignes dont la direction générale est à peu près normale au méridien magnétique, et les courbes données par les variations de la déclinaison, à celles des lignes se rapprochant de la direction de ce même méridien. MM. Mascart et Blavier ont ainsi reconnu que les courbes telluriques sont les dérivées des courbes magnétiques.

Les courbes des courants telluriques accusent non seulement les variations accidentelles du magnétisme terrestre, mais aussi les variations normales, et, par les temps calmes, on obtient des courbes à peu près régulières.

On peut déduire des courbes obtenues sur deux lignes ayant des directions différentes la véritable direction du courant tellurique. En effet, la différence de potentiel entre des points situés sur une même ligne droite étant proportionnelle à leur distance, on peut trouver facilement sur deux lignes dont on a les courbes telluriques deux points dont le potentiel est le même. La normale à la droite joignant ces deux points représente la direction du courant tellurique.

Les courants qui circulent dans les fils télégraphiques pendant les périodes calmes sont, comme dans les cas des grandes perturbations, des courants induits dus aux variations des éléments magnétiques de notre globe, qui constituent le phénomène principal.

On peut tirer une conséquence importante des courbes que fournissent les deux phénomènes.

Si l'on admet, ce qui paraît incontestable, que les perturbations des éléments magnétiques sont dues à des courants électriques, on peut se demander si ces courants circulent à l'intérieur de la terre ou s'ils se produisent dans les régions supérieures de l'atmosphère. La comparaison des courbes magnétiques et des courbes telluriques permet de répondre à cette question. De l'examen des courbes telluriques on peut, en effet, déduire à chaque instant la direction des courants qui produisent l'induction et auxquels sont dues les variations du magnétisme terrestre; puis, en comparant cette direction à la déviation de l'aiguille aimantée, savoir si ces courants circulent au-dessous ou au-dessus de la surface de la terre. L'ensemble des comparaisons conduit à ce résultat, que ces courants ont leur siège dans les régions élevées de l'atmosphère.

M. Ludewig fait connaître que les observations déjà entreprises en Allemagne depuis plusieurs années ont été continuées en 1883. Les résultats sont les mêmes que ceux des années précédentes. Il trouve qu'il serait prématuré de tirer des conclusions. Il est à espérer qu'en continuant les observations, on trouvera dans l'avenir la véritable cause de ces phénomènes.

M. Aylmer (*Grande-Bretagne*) donne lecture de la note suivante :

« Je suis chargé par Sir William Thomson d'exprimer à la Commission, en « même temps que ses regrets de son absence forcée, toute l'importance qu'il « attache au mémoire de M. Blavier.

« Voici bientôt quarante ans que nous attendons, depuis l'époque où Gauss, « par des considérations mathématiques, a montré comment il serait possible « de déterminer par l'observation si la cause des perturbations (qu'il s'agisse de « courants électriques ou des variations journalières de la distribution du ma- « gnétisme et des composantes de la force) a son siège à l'intérieur ou à l'ex- « térieur de la terre.

« Par une application pratique du principe de Gauss, M. Blavier vient de « constater que le lieu de l'action perturbatrice est au-dessus et non au-dessous « de la surface terrestre. »

M. Fröhlich (*Autriche-Hongrie*) fait connaître que, en Hongrie, des observations ont été faites, aux jours fixes des expéditions polaires, sur deux grandes lignes, l'une de Krakovie (*Budapest*) à Esseg et l'autre de Sopron[1] (*Budapest*) à Kolozsvàr [2]. Les observations sont traduites en mesures absolues. Elles seront publiées, et des exemplaires seront envoyés aux membres de la Conférence.

M. Évrard propose que la Commission exprime le vœu que les essais soient

---

[1] En allemand *Œdenburg*.

[2] En allemand *Klausenburg*.

continués ou entrepris dans les divers pays et que les résultats soient communiqués par la voie du Bureau international de Berne.

M. Preece désire insister sur la nécessité d'observer la direction des courants dans le but de déterminer les lignes équipotentielles, car, d'après les observations déjà faites, il y a lieu de croire que les courants terrestres sont dus aux perturbations dans la photosphère du soleil.

Les courants terrestres sont concomitants avec les perturbations magnétiques et proviennent évidemment de la même cause.

Il dépose: 1° des dessins représentant un paratonnerre de station anglaise, ainsi que la manière de fixer les fils préservateurs aux poteaux télégraphiques en Angleterre; 2° les instructions données par le *Post Office* britannique pour l'observation des courants terrestres. (*Voir annexes 2 et 3.*)

Il est de toute importance de définir la direction des courants par rapport aux points cardinaux géographiques; car si l'on adopte la règle généralement suivie dans les télégraphes, il peut arriver que tel courant qu'on croit être positif ait en réalité une direction opposée.

Au lieu de mesurer les courants partant d'un point dans des directions quelconques, on pourrait se contenter de chercher quelle est celle des lignes télégraphiques rayonnant autour de ce point qui n'est parcourue par aucun courant. On serait sûr que sa direction est parallèle aux lignes de niveau électrique. On pourrait ainsi étudier directement les mouvements électriques terrestres en se servant uniquement des ressources ordinaires des bureaux télégraphiques.

M. le Président rappelle que des observations ont été faites en Russie sur des lignes de courte longueur, un kilomètre environ. Un résumé provisoire a été publié dans une note communiquée aux membres de la Conférence et il s'y réfère.

Après un échange d'observations entre M. Évrard et divers membres, la Commission exprime le vœu que « *des observations sur les courants terrestres soient poursuivies dans tous les pays* ».

M. le Président donne lecture de la dernière question examinée par la Conférence en 1882 : « *4° Projet d'établissement d'un réseau télémétéorographique international* ».

Il demande à MM. les Délégués de la Belgique si l'on a fait dans leur pays quelques nouvelles études sur ce sujet.

M. Évrard répond que M. Van Rysselberghe, absorbé par ses expériences de

téléphonie à longue distance, a suspendu provisoirement ses travaux dans cette voie, et que la question n'a pas progressé depuis 1882.

Le programme étant épuisé, M. LE PRÉSIDENT lève la séance à 4 heures 20 minutes.

Le Président,
WILD.

Les Secrétaires :
J. RAYNAUD; E. GÉRARD.

ANNEXE N° 1.

DES EFFETS DE LA FOUDRE SUR LES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES DE L'ÉTAT BELGE.

(Note de M. Évrard.)

Je crois intéressant de réunir dans une note les quelques observations suivantes recueillies par le service technique des télégraphes belges en 1883 :

Le premier coup de foudre qui ait atteint nos lignes pendant l'année dernière a eu lieu le 4 juin, entre Ath et Jurbise, sur la ligne de chemin de fer qui côtoie la vallée de la Dendre. Six poteaux de la ligne télégraphique ont été détruits, les uns ont été fendus en deux, de haut en bas, d'autres déchiquetés en petits fragments, d'autres marqués d'une rainure hélicoïdale courant de la tête au pied; aucun ne présente de trace de brûlure. Dans le cas où le poteau est complètement divisé en petits fragments, on doit expliquer, je crois, la violence de l'effet mécanique par la vaporisation brusque de l'eau renfermée dans les canaux du bois; les autres effets, séparation en deux parties du poteau ou rainure hélicoïdale, proviennent sans doute de la différence dans l'écoulement du fluide qui se ferait par les rayons médullaires ou par l'aubier; il est très curieux qu'on n'ait plus retrouvé dans les débris aucun nœud; tous étaient partis comme s'ils avaient été enlevés au burin.

Les deux bureaux télégraphiques voisins, Lens et Brugelette, distants chacun de 2 kilomètres de l'endroit de la chute de la foudre ont eu les papiers des paratonnerres de leurs appareils légèrement perforés; ce sont les seuls bureaux de la ligne où l'on ait pu retrouver une trace de la chute de la foudre.

On peut en conclure que celle-ci a trouvé par les poteaux un écoulement à la terre assez parfait pour qu'aucun des quatre fils qu'ils supportaient n'ait été influencé d'une manière notable; si les deux bureaux que nous venons de citer ont pu vérifier le fonctionnement de leurs paratonnerres, c'est grâce à la petite résistance du fil qui les reliait.

Le 10 juin, un orage violent sévit sur la ligne de chemin de fer de Namur à Charleroi, et la foudre tomba dans la gare de Couillet. Malgré une différence de niveau de 4 mètres entre les saillies pointues du toit de la gare et la tête des poteaux télégraphiques, malgré le voisinage de nombreuses et hautes maisons et la présence, dans un rayon de moins de 200 mètres, de plusieurs cheminées d'usines très élevées, la foudre brisa net un des fils entre le bureau et le poteau d'arrêt. Le dégât se borna à cette détérioration.

Le même jour, on constatait à Namur un autre effet non moins singulier. Le passage à niveau situé à la sortie de la gare de Namur vers Bruxelles était gardé par deux agents qui, pour échapper à la pluie, s'étaient réfugiés dans la cabine qui leur

sert d'abri; ils se trouvaient assis au fond de celle-ci, à 4 mètres environ de la porte. Tout à coup, au moment où la foudre tombait sur un bâtiment situé à plus de 300 mètres de là, l'un des gardes se sentit subitement paralysé du bras droit; le second recevait en même temps, en pleine figure, un éclat de bois violemment arraché au chambranle de la porte.

Le premier de ces hommes n'a recouvré entièrement l'usage de son bras que quinze jours plus tard, le second n'a éprouvé aucun malaise; il n'en est résulté pour lui qu'une légère égratignure produite par l'éclat de bois.

Nous avons examiné minutieusement les parois en planches de la cabine, les charnières de la porte, le morceau de bois enlevé, la sonnerie trembleuse qui se trouvait près de l'entrée, les fils de cuivre recouverts qui y aboutissent, les poteaux plantés aux environs; en aucun point, nous n'avons pu découvrir la moindre trace du passage de la foudre.

Les papiers des paratonnerres du bureau de Namur étaient intacts. Et cependant la décharge a dû être très violente; la force de projection de l'éclat de bois et la paralysie partielle du garde en sont la preuve.

Faut-il y voir un cas du *choc en retour,* contesté encore par beaucoup de physiciens, ou, en présence de la violence de l'effet mécanique, admettre qu'en même temps que la décharge principale atteignait un bâtiment, une décharge secondaire frappait les fils de la sonnerie adaptée au refuge des gardes-barrières?

La terre de cette sonnerie étant excellente, le fluide a pu s'écouler, sans laisser de trace de son passage. La projection de l'éclat de bois serait due à la volatilisation à haute tension de l'eau; l'accident survenu au garde serait le résultat d'une dérivation ou d'une action par influence.

Pendant la nuit du 9 au 10 juin, la foudre atteignit huit poteaux de la ligne télégraphique reliant les bureaux éclusiers de Turnhout et de Desschell, dans la province d'Anvers, et en incendia complètement deux. Le fil n'ayant pas été rompu et les bureaux s'étant mis sur terre la veille avant la fermeture, ceux-ci n'eurent connaissance de la chute de la foudre que le lendemain. Comme ils étaient peu éloignés de l'endroit où la chute a eu lieu, il est inadmissible qu'ils n'aient pas reçu une partie du fluide; si la foudre n'a laissé aucune trace sur leurs commutateurs et sur leurs fils, cela tient sans doute aux bonnes conditions dans lesquelles avaient été installées leurs terres.

Le fait suivant confirme cette manière de voir. Le même jour, la chute de la foudre sur un fil de sonnerie du signal à distance, dans la gare de Mazy (ligne de Charleroi à Gembloux), eut pour conséquence la destruction presque complète de la pile Daniell desservant cette sonnerie. L'examen attentif des lieux après l'accident fit reconnaître que la terre de cette pile était formée d'une simple baguette métallique piquée dans les cendrées du remblai du chemin de fer. (Cette pile avait été installée et est entretenue par des particuliers et non par le service des télégraphes.) Dans le courant du mois de juillet, la foudre atteignit une partie de la ligne de Bruxelles à Courtrai; la décharge ayant eu lieu en pleine voie, à proximité d'une sonnerie de route, la foudre chercha à s'écouler à travers le fil, le paratonnerre et le pied de la sonnerie. L'entrée dans le sol fut facile, car aucune trace ne put en être constatée autour de la base de

la sonnerie; mais, selon toute probabilité, le sol cessait d'être conducteur à une faible profondeur, car une excavation de 40 centimètres de largeur, produite à 2 mètres de là, tout contre un rail du chemin de fer, indiquait que le fluide avait préféré interrompre sa marche naturelle et retourner à l'état neutre par une voie plus facile.

J'ai cité cet exemple pour démontrer une fois de plus la nécessité d'assurer de bonnes terres. Je reviens maintenant à deux décharges du 26 juin.

La première, qui a marqué légèrement presque tous les poteaux plantés entre les gares d'Alost et de Denderleuw, c'est-à-dire sur 6 kilomètres de la ligne de Bruxelles à Gand, nous a donné un exemple remarquable du phénomène connu sous le nom de *feu Saint-Elme*, très rare sur le continent.

Vers 2 heures de relevée, entre deux coups de tonnerre très éloignés, on put voir s'échapper de tous les poteaux de la ligne des flammes persistant pendant un temps assez long. Nous n'avons d'ailleurs constaté aucune trace de brûlure sur ces poteaux.

L'appareil de blocage des trains placé dans la cabine située à la sortie de la gare d'Alost, vers Bruxelles, a été gravement atteint; nous ajouterons que cette cabine est entourée de trois ou quatre cheminées d'usines très élevées, dont la plus éloignée est située à peine à 60 mètres.

La seconde décharge s'est produite entre Gand et Bruges, en pleine voie, à proximité de la gare de Landeghem. Elle a présenté ceci de remarquable que l'un des poteaux incendiés avait été planté deux ans auparavant en remplacement d'un poteau foudroyé à la même place.

Parmi les traces de fusion relevées sur les plaques de cuivre du commutateur de Landeghem s'en trouvent deux correspondant à des fils ayant une direction complètement différente de celle des fils atteints. Seulement, sur une longueur de 6 mètres, à l'entrée du bureau, tous ces fils sont réunis en un seul câble. Il faudrait donc admettre que la foudre, se rendant à la terre par les fils sur lesquels elle était tombée, a produit dans les autres, à l'intérieur du câble d'introduction, des *courants induits* d'une tension extrêmement élevée.

Enfin, un fonctionnaire de l'administration des chemins de fer, qui se trouvait en ce moment sur le seuil du bureau, prétend avoir distinctement aperçu au milieu des voies un globe de feu, lequel, après quelques instants, a disparu avec fracas.

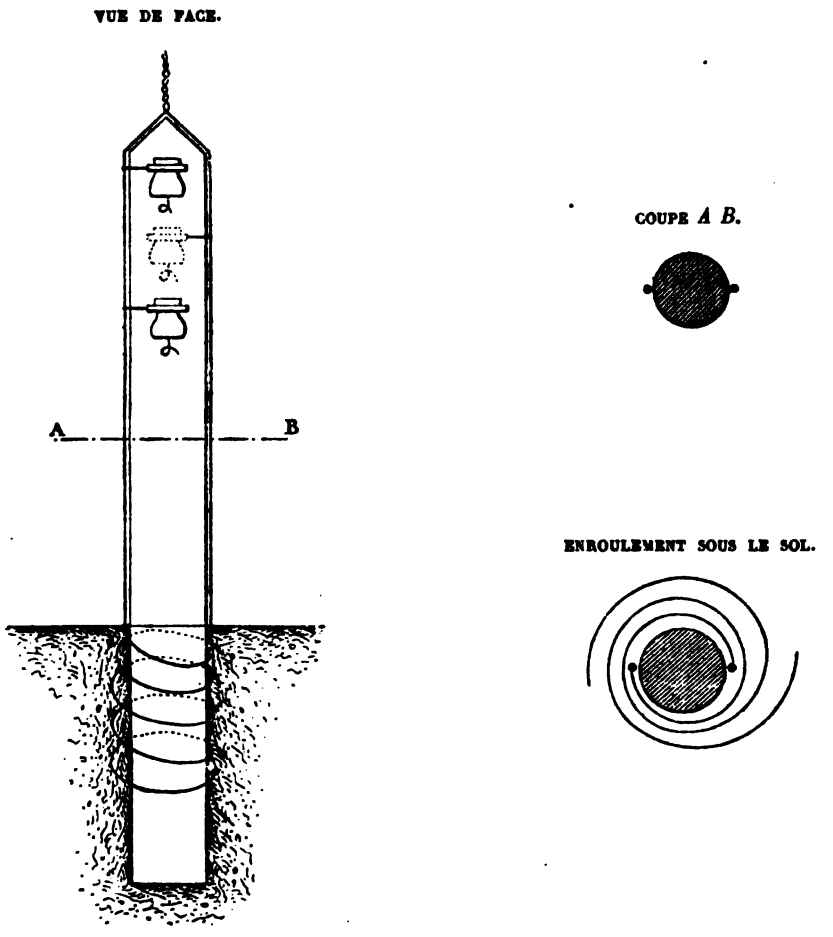
Le même phénomène paraît s'être produit lors d'un orage survenu le 30 du même mois à la gare de Bruxelles (ouest). Le garde du block foudroyé affirme avoir vu un globe de feu tomber de l'appareil en tourbillonnant et disparaître en laissant derrière lui une longue traînée lumineuse.

Tels sont les cas les plus remarquables constatés par le service technique des télégraphes; il me reste à ajouter quelques observations. Nous avons été amenés à placer des paratonnerres sur nos poteaux, surtout sur ceux qui sont à proximité d'un bureau télégraphique ou d'appareils électriques pour les besoins du chemin de fer. Sur ceux-là, en effet, lorsque la foudre tombe, elle ne se perdrait pas en terre par le pied des poteaux, mais elle suivrait les fils aboutissant au bureau ou à l'appareil de signal. (Cet effet est dû à la faible résistance que présentent les conducteurs du poteau à la plaque de terre.) Le paratonnerre se compose de deux fils de fer de 5 milli-

mètres ou de 4 millimètres fixés latéralement au moyen de grands anneaux à pointes, et les deux bouts contournent, sous le sol, plusieurs fois le pied du poteau; les deux branches du fil sont tressées au sommet du poteau de façon à former une pointe de 7 à 8 centimètres de longueur. Des bouts de fils galvanisés de 2 millimètres réunissent une des vis de chaque étrier et de chaque console avec le fil principal. Le conducteur principal ne présente aucune ligature sur son parcours.

Les poteaux de coupure, de canal, etc., sont munis d'un paratonnerre semblable.

PARATONNERRE DE LIGNE.



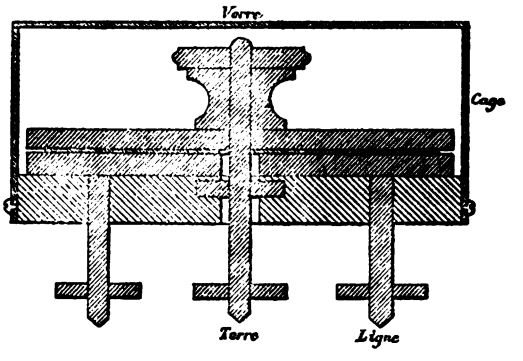
Quant aux paratonnerres pour appareils, nous avons pu reconnaître que le paratonnerre à papier (on ne le paraffine même plus) nous semble devoir être recommandé tout spécialement; on peut dire qu'il fonctionne toujours et parfaitement.

Il n'en est pas de même de celui à stries, qui nous paraît trop résistant; nous avons pu constater, chaque fois que la foudre était tombée sur des appareils de signaux qui en sont munis, que, non seulement les bobines étaient détériorées, mais que les lames des paratonnerres eux-mêmes se trouvaient légèrement soudées l'une à l'autre.

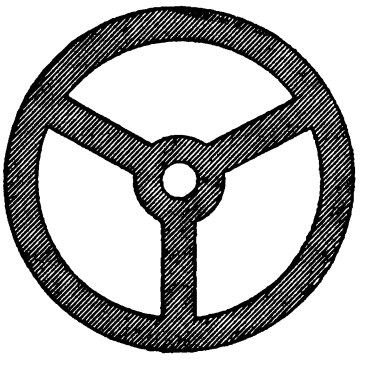
M. Van Rysselberghe a construit un paratonnerre qui se compose de deux disques en cuivre séparés par une même feuille de papier ayant la forme représentée ci-

dessous. L'écartement ainsi obtenu est de $0^{m}/^{m}$ 05 à $0^{m}/^{m}$ 06. Ce paratonnerre est très sensible; il devient conducteur pour le courant de 200 Leclanché.

PARATONNERRE DE POSTE.



PAPIER DE PARATONNERRE.



Nous avons lancé des étincelles obtenues par une bobine Ruhmkorff de $0^{m},80$ de long; la longueur des étincelles était de $0^{m},20$ au moins. Il a été constaté qu'il n'était pas détérioré; les deux faces n'étaient que légèrement brunies. Au sujet des traces laissées par le passage de la foudre dans les papiers de paratonnerres, il est curieux de constater qu'elles présentent toutes la forme d'un pentagone d'une régularité presque parfaite. Les bords intérieurs des trous sont légèrement noircis et entourés d'une étroite bande de cuivre volatilisé et affectant elle-même la forme pentagonale.

La direction de la décharge et son intensité relative peuvent être étudiées par le rhéélectromètre de M. Melsens; un certain nombre de ces appareils sont en service dans les bureaux télégraphiques de notre pays et nous ont déjà permis de faire des observations très intéressantes. Mais elles sont encore trop incomplètes pour que je puisse les comprendre dans cette note trop longue. Je me bornerai à exprimer le vœu que les administrations des autres pays utilisent également le rhéélectromètre pour leurs observations sur les manifestations de la foudre.

EXTRAITS DE CIRCULAIRES

À MESSIEURS LES SOUS-CHEFS DE SECTION DES TÉLÉGRAPHES.

Bruxelles, le 4 août 1882.

Lorsque la foudre tombe sur un poteau planté à proximité d'un bureau télégraphique ou d'un appareil électrique (block, sonnerie Siemens, etc.), au lieu de se perdre en terre par le pied du poteau, elle suit les fils qui aboutissent à ce bureau ou à cet appareil.

Cet effet paraît être dû à la faible résistance que présentent les conducteurs, du poteau à la plaque de terre. Il serait donc utile de munir d'un paratonnerre en fil de fer de 5 millimètres les deux doteaux les plus rapprochés des bâtiments ou des cabines dans lesquels il y a un appareil électrique. Le fil pourrait être fixé latéralement au moyen de grands anneaux à pointes et les deux bouts devraient contourner, sous le sol, plusieurs fois le pied du poteau, pour donner plus de facilité à l'écoulement du fluide. Les deux branches du fil devraient être tressées au sommet du poteau de façon à former une pointe de 7 à 8 centimètres de longueur. Des bouts de fil galvanisé de 2 m/m réuniraient une des vis de chaque étrier ou de chaque console avec le fil principal (voir croquis ci-joint). Les poteaux de coupure, de canal, etc. devraient être munis d'un paratonnerre semblable.

Ce travail pourrait être fait par les poseurs au fur et à mesure qu'ils visitent leur section.

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Bruxelles, 9 octobre 1882.

Au lieu de fil de 5 m/m pour former le conducteur principal du paratonnerre, il suffira d'employer du fil de 3 m/m ou, à défaut, du fil de 4 m/m.

La règle indiquée pour l'enroulement des fils sous terre n'est pas absolue.

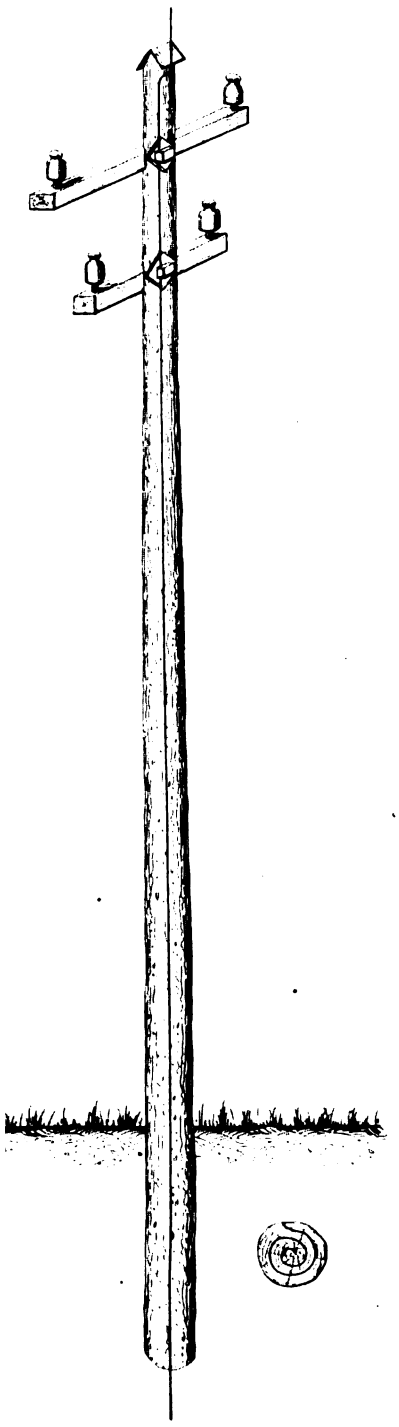
Évidemment on devra profiter de toutes les circonstances pour se procurer plus facilement une bonne terre ; généralement il n'y aura qu'à enrouler le fil au pied du poteau.

En tous cas il est essentiel *que le conducteur principal ne présente aucune ligature sur tout son parcours.*

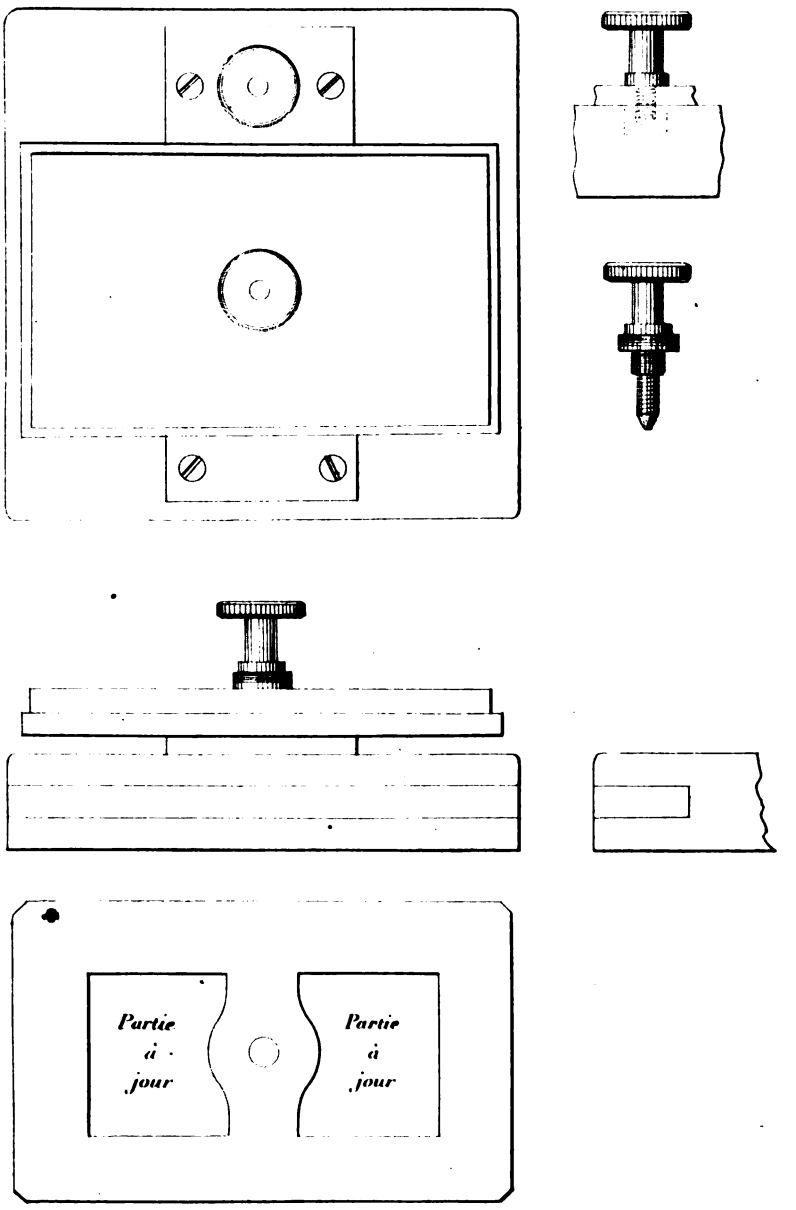
Il n'est pas nécessaire que les raccordements en fil de 2 m/m soient soudés aux étriers, *mais il est indispensable* qu'ils le soient au conducteur principal.

ANNEXE N° 2.

Manière
fixer les fils préservateurs
ux poteaux télégraphiques
en Angleterre.



Paratonnerre de station
de l'administration anglaise.



Plaque de mica.

ANNEXE N° 3.

INSTRUCTIONS

DONNÉES PAR LE *POST OFFICE* ANGLAIS POUR L'OBSERVATION DES COURANTS TERRESTRES.

Attendu que, pendant les deux prochaines années, on peut s'attendre à des perturbations considérables dues aux courants terrestres, il importe de constater et d'enregistrer leur commencement, leur durée, leur intensité et leur direction, et d'étudier la cause de leur production.

Les courants terrestres circulent toujours plus ou moins activement, mais on ne cherchera qu'à étudier les plus importants, c'est-à-dire ceux qui sont désignés sous le nom d'*orages magnétiques*. Leur commencement et leur durée doivent être notés d'après l'heure moyenne de Greenwich, afin de pouvoir donner lieu à des comparaisons exactes. Leur direction doit être rapportée à celle d'un courant positif reçu au point d'observation et marchant de l'Ouest à l'Est ou du Sud au Nord. Ainsi, un courant reçu en Irlande et semblable en direction à celui produit en attachant le pôle cuivre d'une pile au câble en Amérique est un courant positif reçu à Valencia, et tout courant qui suit cette direction est positif.

L'intensité doit être enregistrée en milliampères. Connaissant l'intensité du courant en milliampères, la direction de ce courant et la résistance de la ligne en ohms, il devient facile de calculer la distribution du potentiel sur la surface terrestre.

Par exemple, en supposant que le courant terrestre reçu à Valencia soit d'un milliampère et que la résistance du circuit soit 7,000 ohms, on aura :

$$\frac{x}{7{,}000} = \frac{1}{1{,}000};$$

d'où

$$x = 7 \text{ volts.}$$

L'intensité d'un courant en milliampères est facile à mesurer en reproduisant son effet sur un galvanomètre au moyen du courant fourni par un bon élément Daniell (= 1,079 volts) à travers une résistance convenable R. On a alors :

$$\frac{1{,}079}{R} = \frac{C}{1{,}000},$$

ou bien

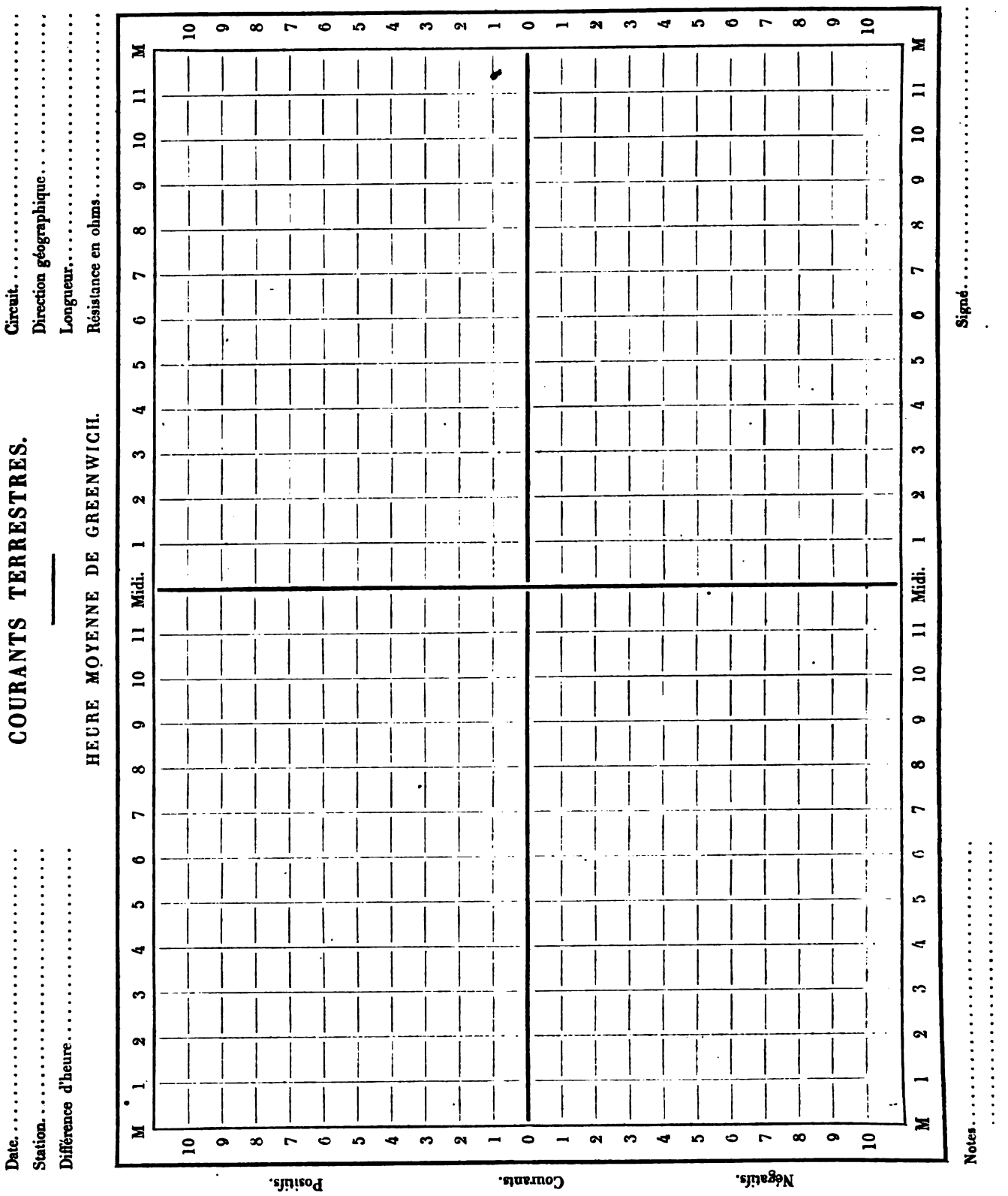
$$CR = 1{,}079,$$

c'est-à-dire que, si le courant terrestre donne une déviation de 35° au galvanomètre, et si l'élément Daniell donne la même déviation à travers 1,079 ohms, alors C = 1 milliampère. Tout galvanomètre constant doit être gradué en milliampères, ou bien on doit construire une table traduisant ses indications en milliampères.

Les résultats obtenus peuvent être très commodément enregistrés sur un tableau comme celui ci-après; par ce moyen on facilitera la comparaison des observations faites dans chaque contrée.

Lorsque les courants terrestres seront dans une période de grande activité, il

suffira d'inscrire les observations faites sur deux ou trois circuits rayonnant dans diverses directions, et l'on devra noter avec soin ceux qui sont le moins influencés ou qui ne le sont pas du tout.



TROISIÈME COMMISSION.

ÉTALON DE LUMIÈRE.

SÉANCE DU MERCREDI 30 AVRIL 1884.

PRÉSIDENCE DE M. BROCH.

La séance est ouverte à 3 heures.

Présents :

MM. Werner Siemens, von Helmholtz, Kohlrausch, Wiedemann, Millitzer, Fröhlich, Rousseau, Évrard, Gérard, Van der Mensbrugghe, Triana, Jamin, Mascart, Allard, Sir W. Thomson, Preece, Hughes, Abney, Aylmer, Ròiti, Tacchini, H. Becquerel, Baille, Bosscha, Général Nazare-Aga, Silva, Lenz, Wild, Raynaud, Broch, Fr. Weber.

MM. Félix Leblanc et Violle assistent à la séance.

M. Broch, *Président,* prend place au fauteuil et invite MM. Wiedemann et Van der Mensbrugghe, qui étaient Vice-Présidents de la Commission en 1882, à siéger à côté de lui. Il propose, en outre, à la Commission de choisir comme Secrétaires MM. H. Becquerel et Gérard.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le Président donne lecture des résolutions prises par la Conférence en 1882, et précise le but à atteindre par la Commission. La Conférence, prenant en considération la proposition de M. Violle, relative à l'emploi du platine fondant comme étalon absolu de lumière, avait émis le vœu que les travaux fussent poursuivis dans cette direction. M. le Président prie M. Violle d'exposer le résultat de ses nouvelles recherches.

M. Violle dit que ses premières expériences ont eu pour objet de vérifier la constance des radiations émises par un métal fondu, pendant la solidification. Il a d'abord opéré sur l'argent, dont la manipulation est plus commode. La disposition adoptée par lui et qu'il a décrite dans son mémoire lui permettait de maintenir le bain d'argent à la température voulue pendant tout le temps désirable. Il a constaté, par la méthode thermo-électrique : 1° un décroissement rapide de l'intensité des radiations pendant le refroidissement du métal liquide, et cela jusqu'au moment où commençait la solidification ; 2° à partir de ce moment et pendant toute la durée de ce phénomène, une constance parfaite de la radiation ; 3° à la solidification complète, un léger éclair suivi d'une diminution rapide de l'intensité.

M. Violle a fait aussi emploi de méthodes photométriques, dont le principe consiste à modifier l'éclairement de manière à faire disparaître soit une tache, soit un objet quelconque, de préférence une pointe d'aiguille. La sensibilité qu'il obtenait ainsi était de 1/25 ; mais ces dernières expériences ne sont citées que pour mémoire.

La constance des radiations étant bien établie, il a fait fondre une certaine quantité de platine dans un four analogue à celui de MM. Sainte-Claire Deville et Debray, mais laissant à nu une partie du bain. Le gaz étant arrêté, on observait d'abord le décroissement d'intensité, puis la constance qui se maintenait un certain temps, et l'on cessait l'observation à l'apparition de l'éclair. On rendait le gaz, on refondait le métal en quelques instants ; et l'on pouvait recommencer ainsi plusieurs fois l'opération.

M. Violle s'est occupé ensuite de comparer la lumière du platine à celle de la lampe Carcel et des lampes électriques. Il a employé à cet effet les photomètres de Rumford, de Foucault et de Bunsen.

L'usage du bain liquide présente, à cause de l'horizontalité de la surface, une difficulté à laquelle on a remédié par les deux méthodes suivantes : la première consistait à recevoir la lumière émise sous l'angle de 45° à travers une ouverture ménagée dans un diaphragme ; l'écran photométrique était placé verticalement, ce qui n'offrait aucun inconvénient réel. La deuxième méthode avait pour objet d'utiliser les rayons émis normalement par le bain de métal et réfléchis dans une direction horizontale par un miroir placé au-dessus du bain et incliné à 45°.

La comparaison de la lumière du platine fondu avec celle de la lampe Carcel a pu se faire aisément, la différence des colorations étant faible. Quant à la comparaison avec les lampes à incandescence, elle était des plus commodes, ces lampes étant moins sujettes à variation que le bec Carcel, et leur coloration étant semblable à celle du platine. Les résultats photométriques obtenus le même jour par trois observateurs différents ont été complètement d'accord entre eux et d'accord avec les résultats calculés d'autre part d'après le régime

des lampes (ce régime était défini par l'intensité du courant et la force électromotrice de la lampe).

Ces diverses expériences paraissent donc démontrer que l'étalon proposé par M. Violle est d'un usage pratique et sûr, et que, par sa constance et la qualité de sa couleur, la radiation émise par une surface de platine fondant satisfait parfaitement aux conditions formulées par la Conférence. Il serait, d'ailleurs, très facile d'obtenir des multiples et des sous-multiples de l'unité au moyen de diaphragmes convenables.

M. le Président demande si quelque membre de la Commission a connaissance d'autres expériences semblables à celles de M. Violle.

M. Rousseau (*Belgique*) présente, au sujet des expériences de M. Violle et de la définition de l'unité de lumière, deux observations : 1° les rayons envoyés sur l'écran photométrique par le platine et par la lampe Carcel y arrivaient sous des incidences différentes ; il eût été préférable d'avoir des incidences égales ; 2° l'unité absolue d'intensité lumineuse devrait être définie comme « l'intensité de la lumière émise *normalement* par un centimètre carré de platine fondant..... » Pour la comparaison avec lampe Carcel également, il ne serait pas superflu d'indiquer qu'il s'agit de l'intensité de la lumière émise par cette lampe dans une direction horizontale.

M. Jamin fait observer que l'intensité de la lumière dépend de deux éléments dont elle est le produit : la surface rayonnante et l'éclat de la radiation. Le deuxième élément est le seul dont la fixation soit nécessaire, puisque la surface est toujours facile à mesurer. Pour la lampe Carcel en particulier, c'est donc l'éclat qu'il s'agit de mesurer, c'est-à-dire la lumière envoyée par l'unité de surface.

Le corps qui servira d'étalon pourra être un solide incandescent ou une flamme ; mais, quel qu'il soit, l'unité de lumière doit être définie comme la lumière envoyée par l'unité de surface à l'unité de distance.

Quant à la nature de l'étalon, M. Jamin estime qu'il doit être choisi tel qu'il puisse être reproduit invariablement dans les mêmes conditions. Le choix d'un métal porté à une température déterminée quelconque ne serait pas bon à cet égard, tandis que le point de fusion d'un métal constitue un repère très facile à retrouver.

En résumé, il est préférable en premier lieu de mesurer l'éclat au lieu de la quantité brute de lumière totale. Ainsi la quantité de lumière fournie par un carcel peut être plus ou moins grande suivant la hauteur de la flamme ; d'ailleurs l'éclat varie aux différents points de cette hauteur. De là des inconvénients qu'il serait bon d'éliminer. En second lieu, on pourrait définir l'unité

d'éclat comme l'intensité lumineuse envoyée par l'unité de surface d'un certain corps à une distance égale à l'unité. Le corps le plus convenable à cet effet serait un métal fondant; un tel choix pour l'étalon absolu n'empêcherait pas d'ailleurs en pratique d'employer d'autres étalons secondaires qui auraient été comparés avec celui-là, notamment la lampe proposée par M. Siemens.

M. W. de W. Abney dit qu'il ne peut accepter la définition de M. Jamin telle qu'il vient de la donner.

Le premier point à déterminer est la qualité de la lumière à employer, la quantité sera réglée ensuite. La quantité et la qualité de la lumière sont inséparables. Il est nécessaire, pour le bien de la science, qu'il y ait une aussi grande exactitude dans la définition de l'étalon de lumière que dans celle de l'ohm. Un point qu'il désire faire ressortir, c'est que la lumière-type devra contenir une plus grande proportion de rayons violets que la bougie ou la lampe Carcel; cela n'a lieu que lorsqu'un solide est à une haute température. M. Abney a été secrétaire du comité de l'Association Britannique désignée pour fixer le type de lumière blanche, et il a relaté dans un rapport provisoire que, si l'on se sert de pentane pour type secondaire, la lumière blanche doit contenir une fois et demie autant de lumière verte en E que la lumière du pentane quand les rayons en C sont d'égale intensité.

Il est facile d'arriver à ce résultat par l'emploi d'une lampe à incandescence convenablement construite, alimentée par un courant électrique; on obtient ainsi un étalon de lumière préférable au platine fondant. M. Abney n'aime pas le platine pour diverses raisons, dont l'une est l'excessive difficulté de se le procurer pur, et en quantité suffisante à l'état de fusion. En outre, des courants de convection doivent produire une différence dans la température aux deux points de la surface.

Si l'on fait dépendre la lumière blanche des unités électriques, il n'y aura aucune difficulté à reproduire avec exactitude un type dans chaque pays.

Il dit encore avoir donné les détails d'une méthode par laquelle une exacte reproduction de toute qualité de lumière serait obtenue électriquement et sans aucune difficulté.

Malheureusement les résultats obtenus sont trop récents pour qu'il puisse les distribuer à la Commission; mais il se fera un plaisir d'envoyer ce mémoire aux membres du Congrès, quand il sera imprimé. Il a insisté particulièrement sur la nécessité de reproduire une certaine qualité particulière de lumière, parce qu'il a trouvé par expérience qu'il y a presque toujours une discordance dans les résultats des mesures photométriques faites par différents observateurs, quoique ces mesures donnent des courbes correctes pour différentes intensités, lorsque toute la série est faite par la même personne :

Il serait impossible par exemple d'étalonner la lampe Carcel avec la lu-

mière plus blanche émise par le platine fondu, à cause de la couleur; il n'y a pas deux individus qui leur donneraient la même valeur, c'est pourquoi le type primaire serait précieux. Le type secondaire doit être étalonné en n'employant qu'une portion du spectre et éliminant les autres.

M. Jamin fait observer que l'on ne peut pas d'une manière absolue comparer des couleurs différentes. Pour rapporter une certaine lumière à un étalon, il faudrait comparer les radiations semblables des deux sources. Dans tous les cas, ce qu'il y a lieu de mesurer, c'est l'éclat et non la quantité totale de lumière, laquelle dépend de la surface lumineuse.

M. le Président demande à M. Abney s'il ne mesure ni la surface, ni l'éclat.

M. Abney répond qu'il mesure successivement la qualité, l'éclat et la quantité de lumière.

M. Van der Mensbrugghe (*Belgique*) demande à M. Abney quelle est sa définition de l'unité de lumière.

M. Abney donne une définition basée sur la couleur de la lumière.

M. Broch fait observer à M. Abney qu'il parle de la qualité de la lumière seulement, et non de l'unité.

M. Von Helmholtz dit que, si l'on avait un corps idéalement noir, la qualité de la lumière ne dépendrait que de la température. On aurait donc ainsi en même temps une détermination de la température et de l'éclat pour un corps déterminé, si celui-ci n'était pas transparent et avait un pouvoir réflecteur nul. Il a essayé de mettre cette idée en pratique au moyen d'un instrument dont il avait déjà entretenu la Conférence en 1882 (leucoscope), et qui donne deux images polarisées de couleurs complémentaires par la biréfraction. Avec une certaine épaisseur du quartz, on peut trouver une position du Nicol donnant deux images complémentaires presque égales et blanches. Cet instrument ne donne malheureusement pas une détermination très précise de la température. M. von Helmholtz a remarqué, d'ailleurs, que divers observateurs n'arrivent jamais à des résultats concordants entre eux avec des lumières de même nuance, ils ne s'arrêtent pas à la même position du Nicol. Cela tient aux imperfections de la vue et au daltonisme incomplet d'un très grand nombre de personnes; toutes n'ont pas la même sensibilité pour le rouge par exemple. La méthode de M. Abney paraîtrait préférable, pour la justesse, au leucoscope; mais il s'agirait d'abord de la rendre pratique.

M. le Président fait observer que la question en discussion est la définition de l'unité de lumière. Quelle serait la définition de M. Von Helmholtz ?

M. Von Helmholtz répond qu'il admet celle qui a été proposée. En prenant une masse métallique présentant une certaine surface, on pourra mesurer l'éclat, c'est-à-dire la quantité émise par l'unité de surface, tandis que cela serait impossible avec des corps à surface minime, tels que les lampes à incandescence Édison, Swan, etc.

M. Werner Siemens dit qu'il n'a pas l'intention de présenter à la Conférence un étalon normal. Il faut observer, au sujet des deux propositions qui ont été faites par M. Jamin et par M. Abney, qu'il est très douteux qu'elles donnent des résultats suffisants, les mesures pratiques portant presque toujours sur des lumières de couleurs différentes. Le platine donne des variations d'éclat suivant la quantité de charbon qui s'y incorpore dans la fusion, comme l'a constaté M. W. Siemens lui-même. L'éclat est plus faible s'il y a plus de charbon, ce qui rend la fusion plus rapide.

Quant aux lampes électriques, elles donnent des résultats exacts. Si les conditions électriques ne varient pas, ces lampes fournissent pendant quelque temps une lumière constante. Mais les diverses lampes (Swan, Édison, etc.) donnent des résultats différents. Il y a là un point dont on n'a pu encore se rendre compte. Ainsi la somme totale des radiations étant la même, on pourra avoir plus de chaleur et moins de lumière, ou inversement suivant les cas. C'est pourquoi les lampes à incandescence ne peuvent être prises comme étalons fixes.

On n'est pas encore absolument fixé sur ce que l'on doit appeler le *blanc*. Il faut cependant avoir un point de départ, il serait convenable de prendre pour les comparaisons une lumière constante semblable à celles que l'on emploie généralement. C'est dans ce sens que M. Siemens a proposé sa lampe. En expérimentant avec diverses bougies anglaises ou allemandes, il a trouvé des variations de plus de 5 p. 100. Quant aux lampes à huile, elles donnent peu de constance. Leur éclat dépend notamment de la manière dont elles sont nettoyées. La lampe Siemens et Halske n'est pas sujette aux mêmes inconvénients. Des huiles de diverses provenances ayant été employées, et les lampes ayant été faites par divers mécaniciens, les mesures photométriques ont toujours donné les mêmes résultats.

M. W. Siemens ajoute que l'on ne tient pas toujours assez compte de l'influence de l'air sur la combustion. Celle-ci est plus vive dans une grande pièce bien aérée, où il y a peu de personnes. On peut constater ce fait en comparant les lampes à huile aux lampes électriques, qui sont indépendantes des conditions de l'air ambiant.

La lampe Siemens et Halske est fixe; elle pouvait servir dans la pratique à étalonner les lampes électriques, qui présentent des variations avec le temps. On pourrait employer comme essence : du valérate, de l'acétate, du formiate, etc., d'éthyle. Ces diverses substances donnent à peu près la même lumière (voir le mémoire de MM. Siemens et Halske). La consommation de l'huile est plus grande pour quelques-unes d'entre elles, mais la quantité de charbon consommé reste la même; ce qui tendrait à démontrer que l'éclat dépend non de l'hydrogène, mais du charbon consommé.

M. Wild demande si l'intensité de la lumière de cette lampe ne dépend pas de la température ambiante.

M. W. Siemens répond qu'elle n'en dépend nullement, et qu'on obtient le même résultat en entourant sa lampe d'eau glacée. La lumière en est un peu rouge; c'est là un petit défaut sans doute, mais il est bien difficile d'obtenir quelque chose de parfait.

M. le Président demande si cette lampe est proposée comme unité absolue.

M. W. Siemens répond négativement. D'ailleurs, à son avis, on n'est point encore en état de fixer une unité absolue. Sa lampe servirait d'unité pratique et réaliserait un progrès sur ce qui existe.

M. le Président, répondant à une objection formulée par M. Siemens, qui a dit que l'éclat du platine dépend de sa pureté et de sa température, ajoute qu'actuellement on est arrivé à produire des quantités notables de platine extrêmement pur, et que ce métal est même un de ceux qu'il est le plus facile d'obtenir avec le plus de perfection.

M. W. Siemens dit que le platine ne conserve pas cette grande pureté et qu'il s'y mêle du charbon dans le creuset. Dans un creuset de chaux il prendrait également de la chaux au bout de quelque temps.

M. le Président répond qu'il ne s'agit là que d'un perfectionnement à introduire dans les procédés de fusion.

M. Violle dit qu'il fond le platine dans la chaux. L'inconvénient signalé par M. Siemens n'existe pas. La seule précaution à prendre est d'avoir un creuset bien dépourvu de silice. S'il y a une impureté dans la masse de platine liquide, elle est absorbée par la chaux elle-même. M. Violle partage, d'ailleurs, l'avis de M. Siemens en ce qui concerne l'influence du comburant sur l'éclat de la lumière; cette observation s'applique en particulier à la lampe Carcel.

M. Wiedemann dit que, si l'on mesure la température au moyen d'une pile thermo électrique, on n'est pas sûr d'avoir des indications proportionnelles à l'intensité lumineuse. Dans un bain de métal, les parties les plus froides peuvent se porter de l'intérieur à la surface à cause des courants de convection et refroidir celle-ci, ce qui pourrait se produire d'après les expériences qui ont été faites par M. E. Wiedemann pour la détermination des poids spécifiques des métaux à diverses températures, phénomène que présentent beaucoup de métaux solides qui semblent nager à la surface d'un bain des mêmes métaux en fusion. Dans ce cas, la température à la surface ne répondrait pas exactement au point de fusion.

M. Violle dit que cette objection ne lui avait pas échappé. Dans ses expériences sur l'argent, il n'a pas pu découvrir des courants de convection. Il a cherché si le poids spécifique du métal était plus faible que celui du liquide. La difficulté de telles déterminations tient autant à la différence de température du solide et du liquide qu'aux courants de convection.

M. Von Helmholtz demande s'il n'y a pas quelque difficulté à apprécier le moment de la solidification.

M. Violle répond qu'il n'y en a aucune. D'autres observateurs ont expérimenté sa méthode. Le procédé qui a toujours donné les meilleurs résultats consiste à arrêter le gaz, à suivre le décroissement de l'intensité lumineuse jusqu'au moment où elle devient constante ; ce moment, qui est celui de la solidification, s'apprécie toujours très bien.

M. le Président, émettant une opinion personnelle, ne croit pas qu'il soit possible de prendre comme unité une flamme quelconque. Il faudrait en déterminer la surface. En outre, son éclat dépend de l'état de l'air ambiant. On pourra comparer les lampes à l'unité absolue ; mais elles ne seront point cette unité.

Il croit que le seul moyen d'arriver au choix d'une unité serait de prendre la quantité de lumière émise par une surface déterminée d'une matière inaltérable à une température fixe. Cette température fixe doit en même temps être très élevée de manière à fournir un éclat assez grand. Il est en effet essentiel que l'unité ne soit pas trop faible. Ainsi, dans un ordre d'idées analogue, on avait admis primitivement comme unité de poids le gramme, mais on a dû revenir à une unité beaucoup plus grande, et l'on a adopté le kilogramme. Or, la température de fusion du platine est une des plus élevées que l'on sache obtenir. Elle a, en outre, cet avantage qu'on peut la reproduire avec une grande précision et la maintenir constante pendant quelque temps.

M. Broch répète que l'on peut avoir actuellement le platine extrêmement

pur en assez grande quantité sans être obligé de le préparer soi-même. Grâce aux études dont il a été l'objet, aucun autre métal n'est industriellement préparé avec une plus grande perfection. Quant à sa couleur, elle se rapproche beaucoup plus que d'autres de celle des lumières ordinaires auxquelles on a à comparer son intensité. L'étalon proposé par M. Violle est donc très acceptable, et pour sa part il l'acceptera. On peut réserver sans doute la question des étalons secondaires pratiques; mais il serait très important que la Conférence fît adopter une unité de lumière.

Sir W. Thomson dit que M. Violle a réussi à démontrer parfaitement que la surface du platine en fusion a une constance assez grande pour donner lieu à un système d'unité de lumière. Sans doute il a eu à vaincre pour cela de grandes difficultés, qui arrêteraient beaucoup d'autres observateurs. Mais personne n'a indiqué une autre source présentant une constance aussi grande. Le bain de platine est comme la colonne de mercure, à laquelle on doit avoir recours pour définir sûrement l'unité de résistance. Il serait difficile, il est vrai, de répéter les expériences de M. Violle; mais ce savant a étalonné le bec Carcel et a commencé la même opération pour d'autres sources usuelles de lumière.

Il est très important, comme l'ont dit M. Jamin et M. Broch, d'avoir une unité. Elle serait la quantité de lumière émise par 1^{cmq} ou bien par 1^{mmq} de platine fondant, suivant l'intensité des sources à mesurer. On pourra admettre comme étalons pratiques les bougies anglaise ou allemande et le bec Carcel. Mais l'étalon de M. Violle devrait être l'étalon absolu.

M. Von Helmholtz rappelle qu'en 1882 les expériences de M. Violle présentaient une difficulté provenant des poussières tombant à la surface du platine.

M. Violle répond qu'il est parvenu à s'en débarrasser très bien en nettoyant la surface du bain à l'aide d'un morceau de terre réfractaire ou de platine, comme il est expliqué dans son mémoire.

M. W. Siemens demande si cet étalon serait d'un emploi général ou s'il servirait seulement à étalonner une fois pour toutes d'autres lampes.

M. Jamin dit que dans son idée c'est ce dernier mode de procéder qui devrait être adopté.

M. Violle exprime le même avis et ajoute que son appareil serait difficilement transportable.

M. Jamin dit qu'en somme il ne s'agit pour le moment que de définir l'unité de lumière.

M. le Président rappelle à la Commission que deux propositions sont en présence :

1° Celle de M. Abney, savoir : L'unité de lumière blanche doit contenir une fois et demie autant de lumière verte en E que la lumière du pentane quand les rayons en C sont d'égale intensité;

2° Celle de MM. Violle et Jamin, ainsi conçue : « L'unité de lumière est la quantité de lumière émise par 1^{cmq} de platine à la température de sa fusion. »

Il serait peut-être bon d'ajouter à cette dernière proposition : « émises sous une direction normale ».

M. Rousseau dit qu'il y a lieu effectivement d'insérer cette condition, qu'il avait proposée. On pourrait définir l'unité d'éclat comme étant l'éclat du platine fondant, et l'unité d'intensité, l'intensité de la lumière émise normalement par un centimètre carré de platine fondant.

Sir W. Thomson, revenant sur les avantages de l'étalon de M. Violle, dit que sa blancheur est comparable à celle des lampes à incandescence fonctionnant dans les meilleures conditions. Or c'est là un desideratum qui avait été formulé par la Conférence en 1882. La qualité serait donc meilleure que celle de l'étalon proposé par M. Abney. Quant à l'éclat et à la quantité totale, ils seraient parfaitement définis. Pour l'industrie on aurait d'autres étalons portatifs, que l'on comparerait à l'unité de M. Violle.

M. le Président remarque que Sir W. Thomson se rallie entièrement à la proposition de MM. Jamin et Violle. Il lit de nouveau la rédaction de cette proposition.

M. Abney dit que le pentane peut être obtenu bien plus sûrement que le platine et lui serait préférable.

M. le Président répond que le platine s'obtient actuellement avec une pureté parfaite.

M. Wiedemann dit que M. Abney a sans doute en vue les expériences de M. Vernon-Harcourt, où la vapeur de pentane brûlait avec l'oxygène. Mais dans la pratique on ne pourrait pas réaliser une clarté aussi constante. L'unité en question pourrait être adoptée comme secondaire, mais non comme absolue.

M. Von Helmholtz ajoute à ces observations que la proposition de M. Abney pourrait être adoptée si le corps en question était opaque; mais les flammes ne le sont pas. La quantité de lumière émise dépend de la transparence de la

flamme et diminue si la transparence augmente. Le principe de M. Abney, selon lui, ne serait applicable qu'à des corps opaques.

M. Abney dit qu'il a proposé son étalon comme étant plus blanc que le platine et d'un emploi plus commode pour les études spectroscopiques.

M. W. Siemens dit qu'il voudrait pouvoir adopter la belle idée du platine fondant. Mais on ne peut encore savoir si, dans les divers pays, les expériences de M. Violle donneraient le même résultat qu'à Paris. Il ne voudrait donc pas que l'on adoptât une mesure qui serait considérée comme légale.

M. le Président dit qu'il ne s'agit actuellement que d'une définition à adopter. Il fait une nouvelle lecture de la proposition de M. Jamin.

M. Von Helmholtz désirerait que cette définition fût recommandée aux physiciens et aux savants des divers pays.

M. W. Siemens fait observer que, pour certaines substances, il existe des différences entre le point de fusion et celui de solidification. Il faudrait être fixé à ce sujet plus qu'on ne l'a été jusqu'ici.

M. Hughes appuie les paroles de M. W. Siemens. Il est d'avis que les expériences de M. Violle soient répétées par d'autres observateurs avant qu'une décision quelconque soit prise.

M. le Président fait remarquer que la proposition précédente n'exclut nullement les expériences qu'il y aura lieu de faire ultérieurement. Il ne s'agit ici que de définir l'unité de lumière.

M. W. Siemens désirerait néanmoins savoir si la température de fusion est suffisamment fixe.

M. Jamin dit que l'on peut substituer « température de la solidification » à « température de la fusion ».

M. W. Siemens approuve cette modification.

M. Jamin dit que la définition de l'unité de lumière est absolument de la compétence de la Conférence, sauf conventions à intervenir plus tard entre les divers pays. On peut donc adopter comme rédaction « La Commission propose de définir comme il suit l'unité de lumière : L'unité de lumière est...etc. ».

M. Von Helmholtz, au sujet de cette définition générale, fait observer que

l'on ne peut définir absolument l'intensité que pour une lumière d'une réfrangibilité déterminée.

M. Jamin répond que la Commission doit se placer à un point de vue pratique et non purement scientifique.

Sir W. Thomson désirerait que l'on ajoutât la condition que les expériences de M. Violle devront être répétées en comparant directement entre elles des surfaces égales prises sur deux bains de platine distincts; et cela, non pas pour mettre en doute le résultat de ses beaux travaux, mais au contraire pour bien convaincre tout le monde que l'étalon de platine est réellement constant et peut être choisi absolu et définitif.

M. le Président dit qu'il a déjà parlé lui-même à M. Violle de cette question. Il y aura lieu de faire à ce sujet une série d'expériences, comme il en a été fait pour le nouveau mètre. On a soumis les étalons à des essais répétés, en les échauffant, les soumettant aux courants électriques alternatifs, etc., afin de constater qu'ils ne variaient point de longueur par l'action des diverses causes qui peuvent agir sur eux.

Sir W. Thomson voudrait que la rédaction de M. Jamin fût modifiée ainsi : « La Conférence propose d'adopter *provisoirement* la définition suivante..... »

M. Jamin répond qu'une telle rédaction supposerait une réunion ultérieure de la Conférence. Or il est probable qu'elle ne se réunira plus, au moins avant bien longtemps.

M. Mascart, pour rallier toutes les voix, propose la rédaction suivante : « La Conférence propose d'adopter comme unité *pratique* la quantité..... »

M. Von Helmholtz dit que cette définition pourrait parfaitement s'appliquer aux différentes couleurs, si le mot *pratique* était supprimé.

M. Mascart répond que l'on peut ajouter : « La même définition s'appliquera aux diverses couleurs qui entrent dans la lumière du platine. »

M. Von Helmholtz fait observer que l'intensité des couleurs simples ne dépend pas du photomètre, mais que celle de la lumière blanche en dépend.

M. le Président dit qu'il vaudrait mieux, finalement, s'en tenir à la première définition. Il donne lecture successivement des propositions de M. Jamin et de M. Mascart.

M. Jamin dit qu'il adoptera celle de ces deux propositions qui ralliera la majorité des suffrages.

Sir W. Thomson préfère la première rédaction.

M. Von Helmholtz fait observer que pour la lumière blanche on ne peut fixer qu'une unité pratique, tandis que pour les lumières monochromatiques il y a lieu de parler d'unité scientifique.

M. Rousseau, afin de grouper ensemble les deux propositions qui sont soumises à la commission, suggère la rédaction suivante : « La Conférence propose d'employer comme terme de comparaison pour les différentes lumières celle du platine, etc..... »

Sir W. Thomson croit que l'on rallierait la majorité des voix en insérant dans la rédaction « unité pratique ».

M. le Président donne lecture des deux propositions suivantes :

1° L'unité pratique de la lumière blanche est la quantité...

2° L'unité de lumière simple est la quantité de lumière de même espèce émise par cette même surface.

M. Wild remarque que la dernière seulement de ces définitions est exacte; l'autre ne l'est qu'au point de vue pratique, comme l'a déjà fait observer M. Von Helmholtz.

M. Von Helmholtz et M. Wild désireraient que l'on renversât l'ordre des deux propositions.

M. le Président met aux voix la double proposition dont il donne une dernière lecture :

« *L'unité de lumière simple est la quantité de lumière de même espèce émise en direction normale par un centimètre carré de surface de platine fondu à la température de solidification.*

« *L'unité pratique de lumière blanche est la quantité totale de lumière émise par la même source.* »

Cette double proposition est adoptée à l'unanimité.

La séance est levée à 6 heures.

Le Président,
BROCH.

Les Secrétaires :
H. BECQUEREL; E. GÉRARD.

ANNEXE À LA SÉANCE DE LA TROISIÈME COMMISSION.

NOTE SUR UN ÉTALON DE LUMIÈRE,

COMMUNIQUÉE PAR M. LE CAPITAINE W. DE W. ABNEY.

Après avoir fait de très nombreuses expériences pendant plus de quatre ans, je suis arrivé à la conclusion que le meilleur moyen pratique d'obtenir un étalon de lumière est de se servir du pouvoir éclairant des lampes électriques.

L'énergie d'un courant électrique est une quantité définie qu'on mesure facilement et qu'on exprime en unités absolues. Le même courant passant dans la même lampe donne les mêmes radiations avec une constance remarquable.

Une lampe à incandescence, convenablement préparée, peut fournir à volonté des rayons de toute intensité depuis les rayons invisibles jusqu'aux rayons visibles et intenses de la lampe à arc.

Dans un rapport communiqué au *Philosophical magazine* en septembre 1883, j'ai démontré que la radiation totale donnée par une lampe (dans laquelle le vide était bien fait) et mesurée par une pile thermo-électrique très sensible était en rapport direct avec les unités d'énergie, les volt-ampères ou watts développés dans le filament.

Entre 0 et 10 watts environ, et avec une lampe ordinaire, la radiation présente une ligne courbe. Afin de déterminer la représentation graphique de la cause de cette courbure, j'ai poursuivi mes expériences dont j'ai tiré les résultats suivants :

La lumière émise par des lampes à incandescence était décomposée au moyen d'un réseau concave ou d'un prisme, et l'énergie de la radiation des rayons était mesurée par une pile thermo-électrique.

Le résultat graphique de ces mesures (les abscisses représentant les watts) était une hyperbole devenant une parabole dans le spectre visible; l'origine de ces courbes était variable, mais toujours en rapport avec l'onde. J'ai donc trouvé qu'une formule exacte pouvait être appliquée à chaque partie du spectre. — J'ai également constaté l'exactitude de cette loi par une série d'observations photométriques, dans lesquelles l'intensité des rayons du spectre était mesurée directement et en employant des milieux absorbants. Ceci étant donné, on n'a qu'à opérer de la manière suivante pour produire une lumière d'une qualité désirée dans une lampe à incandescence:

1° On fait passer un courant d'une énergie donnée dans le filament de la lampe et l'on mesure la radiation d'un rayon de longueur d'onde connue; on répète cette expérience en employant une énergie différente, mais en mesurant la radiation du même rayon qu'auparavant. Ces deux mesures suffisent pour tracer les courbes pour

tout le spectre. L'énergie électrique, c'est-à-dire le nombre de watts, nécessaire pour produire une lumière de qualité voulue, peut être facilement calculé;

2° On fait passer des courants différents dans le filament comme dans la première expérience et l'on mesure à l'aide du photomètre la radiation dans une partie du spectre. Cette mesure donne les constantes de la courbe;

3° On arrive au même résultat en mesurant la radiation totale en ayant soin de choisir des points qui se trouvent sur l'asymptote de la courbe.

Il s'ensuit donc qu'on peut pratiquement produire une lumière ayant une qualité donnée au moyen d'un courant électrique dont l'énergie est facilement contrôlée et constatée en unités connues.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

PROCÈS-VERBAL DE LA 1re SÉANCE (23 avril 1884)..... 5 à 11

Ouverture de la deuxième session.
Liste de MM. les Délégués.
Discours de M. le Président du Conseil, Ministre des Affaires étrangères.
Réponse de M. le Délégué de Suède et de Norvège.
Présidence déférée à M. le Ministre des Postes et des Télégraphes.
Désignation des Secrétaires. — Partage de la Conférence en trois commissions.
Fixation de la prochaine réunion de chacune des commissions.
Dépôt, par M. le Délégué des États-Unis, d'une note de M. Rowland, sur la détermination de l'ohm.

PROCÈS-VERBAL DE LA 2e SÉANCE (29 avril 1884)..... 13 à 18

Adoption du procès-verbal de la 1re Séance. — Admission de M. Aylmer comme nouveau Délégué de la Grande-Bretagne et Secrétaire de la Délégation britannique.
Dépôt, par M. le Délégué des États-Unis, d'un rapport de M. Trowbridge sur l'électricité atmosphérique et les courants terrestres.
Discussion des deux premières propositions adoptées par la 1re Commission : 1° Détermination de l'ohm; 2° Vœu émis par la 1re Commission en vue de la notification de la résolution précédente aux diverses Puissances.

PROCÈS-VERBAL DE LA 3e SÉANCE (2 mai 1884)..... 19 à 23

Adoption du procès-verbal de la 2e Séance.
Compte rendu des travaux de la 2e Commission. — Vote des conclusions de cette Commission.
Compte rendu de nouveaux travaux de la 1re Commission. — Vote des trois dernières résolutions adoptées par cette Commission : — 1° Vœu en faveur de la construction d'étalons primaires; — 2° et 3° Détermination de l'ampère et du volt.
Compte rendu des travaux de la 3e Commission. — Discussion des propositions présentées par cette Commission.
Vote de la définition de l'unité de chaque lumière simple et de l'unité pratique de lumière blanche.

PROCÈS-VERBAL DE LA 4e SÉANCE (3 mai 1884)..... 25 à 27

Adoption du procès-verbal de la 3e Séance.
Allocution de M. le Président.
Réponse de M. Broch, Délégué de Suède et de Norvège.
Vote de remerciements aux Présidents et aux Secrétaires des Commissions.
Clôture des travaux de la Conférence.

Pages.

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE LA 1re COMMISSION (*Unités électriques proprement dites*) :

1re SÉANCE (28 avril 1884) ..... 29 à 33

Présidence déférée à M. Jamin. — Désignation des Secrétaires.
Lecture d'une lettre de M. Lorenz.
Indication par différents Délégués des nouvelles expériences faites en vue de la détermination de l'ohm. — Proposition de M. Von Helmholtz pour la formation d'une Sous-Commission. — Adoption de la proposition. — Désignation des membres de la Sous-Commission.

ANNEXE N° 1. — Résumé des expériences sur la détermination de l'ohm par M. Lorenz ..... 34 à 36

ANNEXE N° 2. — Extrait d'une lettre de M. Rowland 37

ANNEXE N° 3. — Tableau comparatif des diverses valeurs de l'unité à mercure et de l'unité de résistance de l'Association Britannique, dressé par M. Grylls Adams ..... 38 et 39

PROCÈS-VERBAL de la séance de la Sous-Commission (28 avril 1884) ..... 41 à 46

2e SÉANCE (29 avril 1884) ..... 47 à 52

Lecture par le Rapporteur de la résolution adoptée par la Sous-Commission.
Vote de la détermination de l'ohm.
Vote d'un vœu en faveur de la notification de cette détermination aux diverses Puissances par le Gouvernement français.
Discussion au sujet des étalons pratiques et de la fixation des valeurs légales de l'ampère et du volt.

3e SÉANCE (1er mai 1884) ..... 53 à 66

Déposition de M. Debray sur les alliages de platine iridié. — Vote d'une proposition relative à la construction d'étalons primaires. — Suite de la discussion au sujet de la fixation des valeurs de l'ampère et du volt. — Proposition d'une nouvelle méthode de mesure absolue d'un courant. — Vote de la définition de l'ampère et du volt.

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES DE LA 2e COMMISSION (*Électricité atmosphérique et courants terrestres.*)

1re SÉANCE (30 avril 1884) ..... 67 à 79

Présidence de M. Wild. — Désignation des Vice-Présidents et des Secrétaires.
Dépôt d'un rapport de M. Trowbridge.
Compte rendu par divers Délégués des observations faites dans leurs pays respectifs sur l'électricité atmosphérique.
Discussion des éléments statistiques produits par différents Délégués relativement à l'efficacité des paratonnerres des divers systèmes et à l'action préservatrice ou nuisible des réseaux télégraphiques ou téléphoniques.
Vœu relatif aux observations à recueillir par les différentes administrations gouvernementales.

Pages.

Annexe n° 1. — Rapport de M. Trowbridge concernant l'électricité atmosphérique et les courants terrestres..... 80 et 81

Annexe n° 2. — Note de M. Tacchini sur les observations de l'électricité atmosphérique..... 82 et 83

Annexe n° 3. — Note sur les objets du matériel télégraphique détériorés par la foudre, en France, pendant l'année 1883..... 84

Annexe n° 4. — Note de M. Évrard sur le coût des paratonnerres en Belgique..... 85

Annexe n° 5. — Note de M. Ludewig : Données statistiques sur des observations faites en Allemagne en 1882 et 1883..... 86

2e Séance (1er mai 1884)..... 87 à 92

Dépôt, par M. Évrard, d'une note relative aux effets de la foudre sur les lignes télégraphiques de l'État belge.

Compte rendu, par divers Délégués, de leurs travaux concernant les courants terrestres sur les lignes télégraphiques.

Vœu émis, par la Commission, en faveur de la continuation, dans tous les pays, des observations sur les courants terrestres.

Annexe n° 1. — Note de M. Évrard : Effets de la foudre sur les lignes télégraphiques belges..... 93 à 98

Annexe n° 2. — Graphique d'un paratonnerre de station de l'Administration anglaise..... 99

Annexe n° 3. — Instructions données par le Post Office anglais pour l'observation des courants terrestres..... 101 et 102

Procès-verbaux de la Séance de la 3e Commission (*Étalon de lumière*) (30 avril 1884)..... 103 à 115

Présidence de M. Broch.

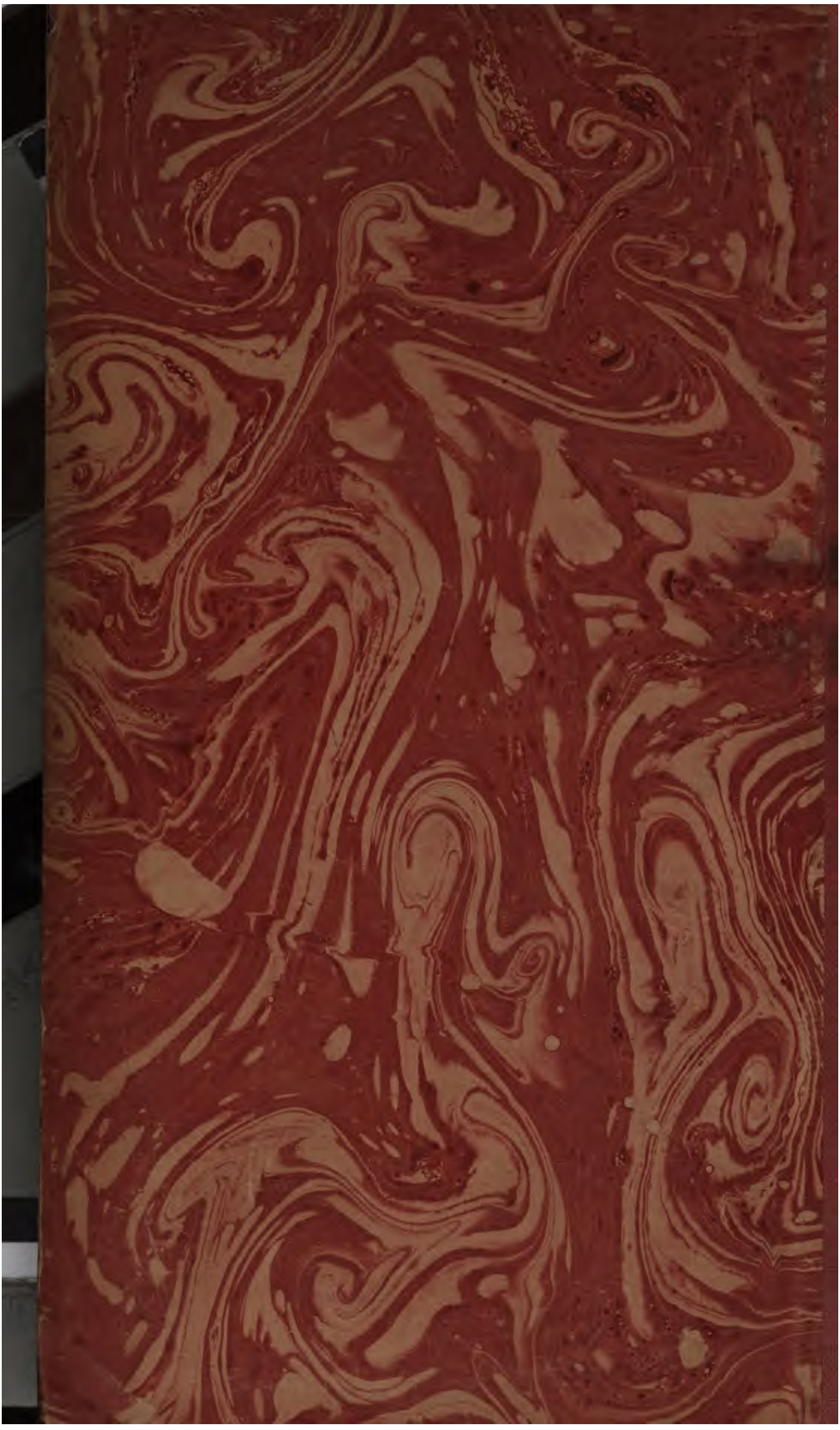
Désignation des Vice-Présidents et Secrétaires.

Exposition, par M. Violle, de ses nouvelles recherches sur le platine fondu.

Discussion relative à l'étalon de lumière.

Propositions de M. le Capitaine W. de W. Abney et de MM. Violle et Jamin au sujet de l'unité de lumière. — Discussion de ces propositions.

Vote de la définition de l'unité de chaque lumière simple et de l'unité pratique de lumière blanche.

Annexe. — Note de M. le Capitaine W. de W. Abney sur un étalon de lumière..... 116 et 117

Imprimerie Nationale. — Juin 1884.